

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

RELATIONS ENTRE LA CONDITION PHYSIQUE, LES APTITUDES SUR GLACE ET LA PERFORMANCE
EN SITUATION DE MATCH CHEZ LES HOCHEYEURS JUNIORS

MÉMOIRE PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA
MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR
ANDRÉ-PHILIPPE DAIGLE

AOÛT 2021

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE (M.SC.)

Direction de recherche :

Jean Lemoyne

Prénom et nom

directeur de recherche

Jury d'évaluation

Jean Lemoyne (UQTR)

Directeur et évaluateur

Prénom et nom

Fonction du membre de jury

Claude Lajoie (UQTR)

Évaluateur

Prénom et nom

Fonction du membre de jury

Alain-Steve Comtois (UQAM)

Évaluateur externe

Prénom et nom

Fonction du membre de jury

RÉSUMÉ

Au hockey, la préparation physique hors saison est un élément très important. Les joueurs passent beaucoup de temps sur cet aspect en saison morte afin d'arriver prêts pour la prochaine saison. Toutefois, la littérature scientifique ne démontre pas de liens directs entre une condition physique hors-glace et la performance sur glace dans les contextes de testing et de jeu. Cette recherche vise à examiner les relations entre les résultats obtenus dans différents tests de condition physique (hors-glace et sur glace) et la performance sur glace chez une cohorte de hockeyeurs élités. Les données proviennent d'une cohorte de joueurs de hockey de niveau junior majeur ($n = 21$; $18,9 \pm 1,4$ ans), chez qui on a administré une batterie de tests physiques hors-glace (force-puissance des membres supérieurs et inférieurs) et sur glace (vitesse, accélération, capacité aérobie). Les résultats aux tests ont été analysés en évaluant les associations entre la condition physique des joueurs mesuré lors du camp de sélection, leurs aptitudes sur glace et les performances en situation de match (contribution offensive, défensive et implication physique) au cours d'une saison régulière. Les analyses corrélationnelles portent sur les données obtenues à l'aide du logiciel « InStat ». Les analyses démontrent des relations non significatives entre les capacités physiques hors glace et la performance sur glace. Cependant, plusieurs corrélations significatives ont été observées entre les aptitudes sur glace (vitesse patinage avant et arrière) et les indicateurs de performance mesurés lors des matchs (contribution offensive, défensive et implication physique). Les capacités mesurées en contexte de testing sur glace sont liées avec certains indicateurs de performance en match, ce qui suggère la pertinence d'évaluer les aptitudes des joueurs sur glace. L'ajout de tests physiques sur glace semble être un élément essentiel afin d'être en mesure de pouvoir interpréter les résultats des tests physiques d'un joueur de hockey et de les associer avec leurs performances en contexte réel de jeu.

Table des matières

<i>RÉSUMÉ</i>	<i>i</i>
<i>REMERCIEMENTS</i>	<i>viii</i>
<i>I. INTRODUCTION</i>	<i>1</i>
1.1. Le hockey, un sport en pleine évolution.....	1
1.2 L'intérêt grandissant pour l'analyse de la performance en hockey.....	2
1.3 L'attrait pour la préparation physique et le suivi de la performance	3
<i>II. PROBLÉMATIQUE</i>	<i>5</i>
2.1. Aptitudes requises pour évoluer au hockey	7
2.1.1 Aptitudes physiologiques	7
2.1.2. Aptitudes musculo-squelettiques.....	9
2.1.3. Aptitudes motrices et fondamentales au sport.....	11
2.1.4. Autres aptitudes physiques.....	12
2.2. Autres avantages liés à la préparation physique du joueur de hockey	14
2.3. Condition physique et hockey : liens entre les aptitudes hors glace et sur glace	16
2.3.1. Évaluation des aptitudes hors glace.....	16
2.3.2. Limites des tests hors glace	17
2.3.3. Évaluation de la performance sur glace en contexte de « testing »	17
2.3.4. Condition physique et performance en situation de match.....	20
2.4. Objectifs de recherche	26
<i>III. CADRE DE RÉFÉRENCE</i>	<i>27</i>

3.1 Les différentes méthodologies pour l'analyse de la performance en hockey	27
3.1.1 Grille d'observation.....	29
3.1.2 Vidéo.....	29
3.1.3 Système de positionnement local (LPS) et de positionnement global (GPS)	30
3.1.4 Données basées sur plateformes informatiques et intelligence artificielle	32
<i>IV. ARTICLE SCIENTIFIQUE.....</i>	<i>36</i>
RELATIONSHIPS BETWEEN FITNESS, ON-ICE TESTING AND GAME	
PERFORMANCE IN ELITE JUNIOR ICE HOCKEY PLAYERS.....	36
Abstract	37
Introduction	38
Methodogy	41
Results	48
Discussion	58
Practical applications	64
Acknowledgements	65
References	66
<i>V. DISCUSSION GÉNÉRALE</i>	<i>69</i>
5.1 Limites et perspectives futures	74
5.1.1. Limites	74
5.1.2. Perspectives futures.....	75
<i>VI. CONCLUSION</i>	<i>76</i>
<i>Références</i>	<i>78</i>
<i>Annexe I</i>	<i>83</i>

<i>Annexe 2</i>	85
<i>Annexe 3</i>	90
<i>Annexe 4</i>	94
<i>Annexe 5</i>	96

Liste des tableaux (mémoire)

Tableau I. <i>Analyse par position, la durée et le nombre d'efforts total en patinage avant et arrière lors de 10 matchs de la LNH (Tiré de Allard, 2018 et adapté de Montgomery et al., 2004).</i>	10
Tableau II. <i>Exigences physiques et performance en contexte de match</i>	22-23
Tableau III. <i>Synthèse des méthodes existantes utiliser pour analyser la performance sur glace d'un joueur de hockey</i>	27
Tableau IV. <i>Les indicateurs de performance et leurs relations avec la performance</i>	34

Liste des tableaux (article)

Table 1. <i>Descriptive and anthropometric data of participants</i>	42
Table 2. <i>Game performance indicators</i>	46
Table 3. <i>Participants characteristics regarding playing time</i>	48
Table 4. <i>Descriptive statistics of off-ice and on-ice physical condition</i>	49
Table 5. <i>Correlations between off-ice and on-ice measures</i>	51

Listes des figures

Figure 1. <i>Interactions between performance indicators in on-ice hockey players</i>	40
Figure 2. <i>The association between vertical jump test and attributed hits</i>	52
Figure 3. <i>The association between skating speed and hits against</i>	53
Figure 4. <i>The association between skating speed and expected goals</i>	54
Figure 5. <i>The association between backward skating speed and expected goals</i>	55
Figure 6. <i>The association between backward skating speed and blocked shots</i>	56

Signes et abréviations

VO_{2max} : Quantité maximale d'oxygène que le corps consomme lors d'un effort intense par unité de temps. Il est exprimé en $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$.

PCr : Créatine Phosphate, substrat énergétique du système anaérobie alactique.

LNH : Ligue Nationale de Hockey

KHL : Ligue Continentale de Hockey (Kontinental Hockey League)

SHL : Ligue de hockey de Suède (Swedish Hockey League)

LAH : Ligue Américaine de Hockey

Combine : Batterie de tests physique faite par la LNH avant le repêchage, afin d'évaluer la condition physique des futurs prospects.

TSAP : Team Sport Assessment Procedure (*procédure d'évaluation des sports d'équipe*)

CHL : Canadienne Hockey League (*Ligue Canadienne de Hockey*)

LPS : Local Positioning System (anglais); système de positionnement local

GPS : Global Positioning System (anglais); système de positionnement global

REMERCIEMENTS

Tout projet ne peut arriver à terme sans l'aide précieuse de personnes clés. J'aimerais donc remercier celles sans qui ce projet n'aurait pu avoir lieu.

Tout d'abord, je remercie l'organisation des Remparts de Québec qui a accepté que je sollicite ses joueurs. Plus spécifiquement, je remercie Steve Bélanger CAT ©, ATC, D.O du club. Nos discussions et nos échanges d'idées ont sans aucun doute aidé ce projet.

Merci à mes collègues de travail, mentor et amis Jean-François Brunelle et Julien Glaude-Roy avec qui j'ai eu la chance d'échanger, de discuter afin d'établir les bases de ce projet. Vos conseils ont grandement aidé et je vous en remercie énormément.

Un merci spécial à mon directeur M. Jean Lemoyne qui dès le départ a cru en moi et a su voir le potentiel dans mon projet. Son support et ses conseils plus que pertinents auront certainement fait une différence majeure dans le déroulement de cette recherche. Merci d'avoir toujours cru en mon projet et en moi.

Finalement, merci à ma partenaire de vie, Annie-Claude Dubé, qui dès le début a toujours été là pour moi. Merci d'avoir cru en moi et surtout de m'avoir toujours supporté tout au long de ce processus. Merci d'avoir compris l'importance que ce projet avait pour moi et surtout les sacrifices qui y étaient reliés.

I. INTRODUCTION

1.1. Le hockey, un sport en pleine évolution

Au Canada, le hockey sur glace est un symbole de l'identité nationale (Holman, 2009). Depuis ses débuts en 1875, le hockey a évolué autant au niveau des règlements, des équipements de protection, qu'à propos des qualités physiques requises pour performer. À l'origine, le hockey se jouait à neuf contre neuf avec un gardien de but. Le match était d'une durée de 60 minutes, séparée en deux périodes. Le remplacement des joueurs n'étant pas autorisé, les joueurs restaient donc tout au long du match sur la patinoire (Dryden, 2019). En 1893, le gouverneur général du Canada décide de récompenser l'équipe championne du *Dominion Hockey Challenge*, meilleure équipe de hockey au Canada, avec un trophée, qui est devenu le trophée le plus célèbre de ce sport, la *Coupe Stanley*. Les joueurs sont passés de « jouer pour le plaisir » à « jouer pour gagner » (Dryden, 2019). Avant les années 1970, le hockey était joué de manière continue, plus lente et avec un nombre d'arrêts moindres de ce qui est observé de nos jours (Allard, 2018 ; Léger, 1975). Depuis le 20^e siècle, avec la création des ligues professionnelles, le hockey a évolué. De nos jours, un hockeyeur joue entre 15 et 25 minutes par match, réparties sur une vingtaine de présences (Jackson, Snyder, Game, Gervais, & Bell, 2017). En plus que de voir le nombre de joueurs augmenter, l'évolution du sport a influencé de manière drastique le niveau de spécialisation de ces derniers (Léger, 1975). Depuis toutes ces années, le hockey reste un sport composé d'actions intermittentes de haute intensité, dans lequel les joueurs enchaînent des mouvements divers, autant sur les plans techniques que tactiques (Jackson et al., 2017). Sport exigeant, le hockey sur glace met en interrelation les matchs, les entraînements sur glace et les séances d'entraînement hors glace. Cela s'avère un défi pour

les entraîneurs, car il faut s'assurer que les athlètes soient au sommet de leur forme, tout en respectant leur capacité d'adaptation (Allard, 2018). Une planification annuelle rigoureuse, combinée à un encadrement soutenu devient des atouts majeurs dans le développement et la performance des hockeyeurs de haut niveau.

1.2 L'intérêt grandissant pour l'analyse de la performance en hockey

La Série du Siècle Canada-Russie de 1972 marque l'aube des premiers travaux à caractère scientifique dans le domaine du hockey. À titre d'exemple les travaux de Léger (1975, 1980) ont permis de documenter les demandes énergétiques d'un joueur de hockey en mettant en évidence l'importance du système anaérobie lors des présences de haute intensité sur la glace et celle du système aérobie pour la récupération entre ses présences. Pour sa part, Montgomery (1988) démontre l'importance des qualités physiques chez le joueur de hockey. Il s'est aussi attardé sur les profils physiques des joueurs de hockey de niveau élite, de même que sur les procédures d'entraînement existantes pour un joueur de hockey, dans le but de développer les hockeyeurs au maximum de leurs capacités. Quelques années après, les travaux menés par Cox (1995) démontrent l'évolution de la condition physique des joueurs de hockey, l'importance de la récupération dans le processus d'entraînement, et l'identification des caractéristiques physiques optimales d'un joueur de hockey. Plus récemment, les recherches scientifiques tentent de plus en plus de lier performance sur glace et capacité physique hors glace, mais cela reste encore tout nouveau, et relativement peu documenté dans la littérature scientifique (Huard Pelletier et al., 2021). Cet intérêt entre la condition physique hors glace et la performance sur glace peut en partie s'expliquer par le fait que les joueurs de hockey sont de plus en plus performants et possède des capacités physiques sur glace très impressionnante. Donc une

réflexion s'impose sur qu'est-ce qui rends si performant les hockeyeurs et quels indicateurs et/ou méthode d'entraînement hors glace ou sur glace qui explique cette évolution des capacités physiques du joueur de hockey. En ce sens, Jackson et al., (2017) ont fait état des actions déterminantes pour un joueur de hockey lors de sa présence sur glace, sans toutefois s'attarder sur le succès de ses actions.

1.3 L'attrait pour la préparation physique et le suivi de la performance

Comme mentionné ci-haut, des actions déterminantes pour la performance d'un joueur ont été identifiées et la réussite de ces actions ne seraient pas possibles sans une bonne condition physique, qui combine un bon développement des trois systèmes énergétiques et un bon développement d'attributs physiques tels que la force, la puissance, la vitesse et l'agilité (Montgomery, 1988). En ce sens, une bonne capacité aérobie permet à un joueur de hockey d'avoir une récupération efficace entre ses présences sur la glace, car en ayant un VO_{2max}^1 élevé, le flux sanguin, l'apport d'oxygène et de nutriments vers les muscles sont accrus, ce qui favorise l'élimination du lactate et par le fait même aide à la resynthèse de la créatine phosphate (PCr)² nécessaire pour effectuer des efforts anaérobies (Roczniok et al., 2016). En complément, une bonne capacité anaérobie (lactique et alactique) permet à un joueur de bien répondre aux situations intenses lors d'un match, comme une bataille un contre un le long de la bande (Jackson et al., 2017). De plus, il faut considérer l'agilité sur patins, ainsi que les tactiques individuelles et collectives qui font en sorte que les réponses aux actions déterminantes sont réussies et entraîne le succès de l'équipe. C'est dans le but de maintenir les aptitudes physiques et techniques que les tâches

¹ VO_{2max} : quantité maximale d'oxygène que le corps consomme lors d'un effort intense par unité de temps

² PCr : Créatine Phosphate, substrat énergétique du système anaérobie alactique.

associées à la préparation physique prennent leur importance. Par le fait même, les séances d'entraînement hors glace, effectuée tout au long d'une saison, combinées aux entraînements sur glace permettraient de limiter le déconditionnement physique, un facteur qui est observé fréquemment durant une saison de hockey (Durocher, Leetun, & Carter, 2008 ; Lachaume, Trudeau, & Lemoyne, 2017 ; Rocznio et al., 2016).

Il semble établi dans la littérature scientifique que l'évaluation de la condition physique et le suivi de cette dernière soient des aspects importants pour analyser le potentiel de performance des joueurs, ainsi que de faire le suivi de leur niveau de performance au cours d'une saison (Arkadiusz, Stanula, & Rocznio, 2014 ; Allard, 2018 ; A. Stanula, Rocznio, Maszczyk, Pietraszewski, & Zajac, 2014). Plusieurs études ont mis en relation les capacités physiques impliquées en fonction de la tâche du hockeyeur. Par exemple, l'étude de Jackson et al. (2017) s'intéresse à la quantification des exigences spécifiques au sport en identifiant les actions les plus exigeantes en contexte compétitif. Dans le même ordre d'idée Allard (2018), s'est penché sur le suivi de la charge externe et sur la compréhension de son évolution au cours d'une saison. Toutefois, on en connaît très peu lorsque vient le temps de vérifier si la condition physique des joueurs est associée à un meilleur niveau de performance sur glace. Les recherches antérieures ont permis de documenter les exigences de la tâche du joueur de hockey et les paramètres associés à la performance en contexte de match. Toutefois, il semble y avoir un manque entre l'état des connaissances scientifiques dans le domaine du hockey et les liens directs avec les aspects qualitatifs de la performance. Tel qu'avancé par Rice (2015) combler cet écart s'avère une priorité de recherche, et c'est pourquoi nous allons nous attarder davantage sur cet aspect dans les prochaines sections.

II. PROBLÉMATIQUE

Au Québec, le hockey est un sport ancré dans notre culture depuis de nombreuses années (Lapierre, 2014). Au Québec, plus de 90 000 jeunes s'adonnent au hockey (Hockey Canada, 2018). Il n'est donc pas surprenant de voir qu'on accorde beaucoup d'importance au développement athlétique des joueurs, et ce peu importe le niveau. Un aspect du hockey qui suscite un intérêt grandissant est la préparation physique, dans laquelle les joueurs s'investissent de manière importante lors de la période estivale. À cet effet, la Fédération québécoise de hockey sur glace a mis en place en 2014 un programme d'accréditation pour les préparateurs physiques qui œuvrent auprès des équipes élites de la province (Hockey Québec, 2014). Ce programme a pour but de fournir aux athlètes des préparateurs physiques compétents, reconnus et certifiés pour assurer une préparation physique cohérente avec le niveau des athlètes (Hockey Québec, 2014). C'est dans cette perspective que nous aborderons des thèmes liés aux exigences physiques, aux aspects techniques et aux déterminants de la performance (sur glace) d'un joueur de hockey. Les programmes d'encadrement sont développés pour accompagner les préparateurs physiques dans les tâches relatives à la planification d'entraînement, aux camps d'entraînements estivaux et lors des tests physiques de type *Combine*³, faits en début de saison par les organisations afin de voir l'évolution de la condition physique de leurs athlètes. Cela démontre l'importance qu'on accorde au développement de l'ensemble du répertoire d'aptitudes physiques chez le joueur de hockey afin que celui-ci ait en sa possession le plus grand

³ Combine : Batterie de tests physique faite par la LNH avant le repêchage, afin d'évaluer la condition physique des futurs prospects.

nombre d'outils qui lui permettra de performer autant lors des tests physiques hors glace que sur glace lors des matchs.

2.1. Aptitudes requises pour évoluer au hockey

Tous les sports autant amateurs que professionnel, sont à leur façon exigeants sur le plan physique, et demandent un certain niveau d'aptitudes physiques. Les athlètes qui pratiquent ces sports se doivent donc d'avoir un niveau de condition physique de base (performance fonctionnelle), qui permet de répondre adéquatement aux exigences de la tâche. Pour faire une description des exigences physiques au hockey, il faut référer aux travaux menés par Cox et al (1995) et Léger (1975). Les travaux réalisés par ces auteurs nous démontrent le rôle des différentes catégories d'aptitudes pour exceller au hockey. En résumé, on suggère la présence de quatre catégories d'aptitudes physiques : 1) physiologiques, 2) musculo-squelettiques, 3) motrices et fondamentales au sport, et 4) autres aspects liés au sport.

2.1.1 Aptitudes physiologiques

Plusieurs auteurs ont démontré la pertinence des filières énergétiques aérobie et anaérobie chez le joueur de hockey (Cox et al., 1995 ; Léger, 1975). La capacité aérobie, VO_{2max} , fait référence à la capacité de travail avec oxygène ce qui correspond à ce que l'on appelle la puissance maximale aérobie et par le fait même le VO_{2max} , qui elle nous permet d'obtenir la vitesse maximale aérobie⁴. Cette qualité physique est fondamentale chez le hockeyeur, dans le sens où, plus le VO_{2max} est élevé, plus l'intensité des actions dites faibles, ainsi que la vitesse de patin à faible intensité seront élevées, ce qui consiste en un avantage pour le joueur (Léger, 1975). De plus, plus le joueur aura un VO_{2max} élevé, plus il disposera d'une capacité de récupération optimale suite à ses efforts anaérobies et plus il

⁴ Vitesse maximale aérobie : vitesse maximale à laquelle la plus grande quantité d'oxygène est consommée par le muscle par minutes.

sera performant lors de ses efforts anaérobies, car il aura récupéré plus rapidement la PCr lors de son passage sur le banc. En outre, plus l'énergie nécessaire pour effectuer ses efforts lors de présences sur la glace proviendra du système aérobie et moins du système anaérobie, cela diminuera la sollicitation des fibres musculaires de type glycolytique, non résistante à la fatigue ; le syndrome des jambes lourdes, et aidera sûrement à prévenir le ralentissement de jeu en 3^e période et lors des efforts anaérobies (Léger, 1975 ; A. Stanula, Rocznio, Maszczyk, Pietraszewski, & Zajac, 2014).

La capacité anaérobie, elle fait référence à une capacité de travail très intense qui requièrent des substrats énergétiques qui renouvellent rapidement l'ATP lors d'efforts de 60 à 90 secondes (Gillenstam, Thorsen, & Henriksson-Larsén, 2011 ; Montgomery, 1988). Heller (2019) démontre que plus le calibre du joueur est élevé, plus sa capacité anaérobie le sera aussi, et ce, toutes positions confondues. Pour sa part, Léger (1980) a démontré que moins de 20% du temps de jeu actif total est constitué de temps dit « fort » ou à intensité très élevée et c'est à ce moment que prennent place les actions déterminantes⁵. Cela montre bien l'importance de cette qualité physique, car si la capacité anaérobie des joueurs est faible, cela aura un potentiel de répercussion directe sur les actions déterminantes, le résultat du match, le rendement des joueurs et sur le succès de l'équipe (Léger, 1975).

⁵ Action déterminante : action effectuée par un joueur et qui ont une importance capitale et primordiale dans un match

2.1.2. Aptitudes musculo-squelettiques

Les aptitudes musculo-squelettiques sont liées positivement à la capacité du joueur à performer. Au niveau musculaire, la force et la puissance des membres supérieurs sont des qualités primordiales (Chiarlitti, Delisle-Houde, Reid, Kennedy, & Andersen, 2018). La force musculaire se définit comme la capacité d'un muscle à recruter un maximum de fibres musculaires afin d'exercer un effort très important et de courte durée (Chiarlitti et al., 2018 ; Nightingale, Miller, & Turner, 2013). La force musculaire implique aussi la coordination intra et intermusculaire de même qu'une bonne efficacité du système nerveux (Rice, 2015). En hockey, la coordination intra⁶ et intermusculaire⁷ permet au joueur d'exécuter des mouvements techniques de base de façon optimale, comme par exemple, effectuer des changements de direction à vitesse élevée, avec ou sans rondelle. Elle permet donc au joueur de combiner une exécution optimale d'actions techniques, tactiques, physiques, tout en maintenant une intensité maximale. De plus, la force et la puissance musculaire semblent être liées à une masse musculaire plus élevée (Chiarlitti et al., 2018). En bref, pour chaque action faite par le joueur lors de ses présences sur glaces, sa force et sa puissance, ainsi que sa masse maigre lui sera des atouts majeurs pour performer et diminuer le risque de blessures lors de contacts physique. L'étude menée par Allard (2018) est un bon exemple qui démontre la pertinence de la force musculaire chez les hockeyeurs. Dans son étude menée auprès de joueurs évoluant chez le Rocket de Laval, on rapporte que les joueurs les plus actifs donnent entre 9 et 16 mises en échec par match, selon la position à laquelle ils évoluent. Ils participaient en moyenne de 4 à 9 batailles le long des rampes et

⁶ Coordination intramusculaire : Capacité des fibres musculaires à se contracter ensemble, au sein d'une même faisceau musculaire.

⁷ Coordination intermusculaire : Capacité des muscles à s'activer ou se désactiver durant un mouvement, et ce, au bon moment.

seraient touchés en moyenne de 5 à 7 mises en échec par match. Il est réaliste de croire que plusieurs de ces types de contacts soient exigeants physiquement. En ce sens, une bonne force musculaire s'avère un atout, autant pour distribuer des contacts que de les recevoir afin d'absorber les chocs sans trop influencer les actions subséquentes.

La puissance des membres inférieurs est tout autant primordiale pour un joueur de hockey. Selon Rice (2015), c'est une combinaison de force et de vitesse associée à la capacité de déplacer ou soulever rapidement des charges, ou faire des mouvements explosifs de poussée et/ou de démarrage rapide en patin. Pour un hockeyeur, la puissance des membres inférieurs est cruciale, car elle pourrait, par exemple de donner et d'encaisser les mises en échec, de même qu'être en mesure d'effectuer de nombreuses batailles le long des rampes et/ou devant le filet afin de prendre possession du jeu (Rice, 2015). Au hockey, la puissance musculaire est essentielle afin d'effectuer ces actions déterminantes le plus efficacement possible, puisque cette qualité est liée aux efforts de type anaérobie, donc aux actions déterminantes du jeu. Dans une étude menée par Brocherie, Girard, and Millet (2018), ils démontrent qu'au cours d'une séance de travail sur la glace, le nombre d'efforts intenses varie de 5 à 7 séquences, chacune d'une durée de 2 à 4 secondes, par tranche de 4 minutes au cours d'un match. Ces efforts intenses amènent l'athlète à des vitesses moyennes de patinage de 14 km/h, qui peut même aller jusqu'à 30 km/h sur de très courtes périodes de temps (ex : récupération d'une rondelle libre, échappé vers la zone adverse, repli défensif, etc.). Ces accélérations puissantes démontrent bien l'importance de la puissance des membres inférieurs pour les joueurs de hockey.

2.1.3. Aptitudes motrices et fondamentales au sport

La vitesse et agilité sont aussi des qualités fondamentales puisque la tâche nécessite plusieurs changements de direction qui sont inhérents à ce sport. L'agilité est définie comme étant une capacité à exécuter des mouvements coordonnés et contrôlés à vitesse élevée, et à modifier ses directions de mouvements rapidement afin de s'adapter aux variations d'environnement (Dominik, Lipinska, Roczniok, Spieszny, and Stastny, 2019). Pour un joueur de hockey, cette qualité permet ou favorise les changements de direction de patinage efficaces et rapides, permettant les mouvements de patinages de base de se faire de façon optimale. Le tableau I met en évidence la variété d'actions nécessitant l'agilité, ce qui nous donne un aperçu des exigences en lien avec cette qualité.

Tableau I.

Analyse par position, la durée et le nombre d'efforts total en patinage avant et arrière lors de 10 matchs de la LNH (Tiré de Allard, 2018 et adapté de Montgomery et al., 2004).

Mouvements	Centres		Ailiers		Défenseurs	
	Patin avant	Patin arrière	Patin avant	Patin arrière	Patin avant	Patin arrière
Patinage (s)	915	46	779	48	904	215
Patinage (%)	N/A	5	N/A	6	N/A	19
Patin arrière (n)	N/A	29	N/A	30	N/A	78
Départs (n)	61	6	56	6	65	18
Arrêts (n)	40	9	35	9	43	20
Croisements (n)	73	6	62	7	55	42
Virages brusques (n)	60	2	50	2	46	8
Pivots (n)	24	20	24	21	61	57
Mouvements de patinage (n)	258	43	227	44	270	146

Pour ce qui est de la vitesse de patinage, elle se définit comme le fait de parcourir une distance en peu de temps et cette qualité pour un joueur de hockey est très importante (Farlinger, Kruisselbrink, and Fowles, 2007). Farlinger et al. (2007) rapporte qu'une vitesse de patinage élevé est une des caractéristiques des plus importantes pour des joueurs de hockey au niveau élite. D'ailleurs Farlinger et al. (2007), rapportent, que chez une cohorte de 36 joueurs âgés entre 15 et 22 ans, niveau AA et AAA, le test de saut vertical est un prédicteur de la performance de patinage (Farlinger et al., 2007). Ainsi, un hockeyeur ayant un très bon résultat au saut vertical a donc davantage de chance d'être plus rapide sur la glace que les autres joueurs, ce qui sans aucun doute lui confère un avantage. Haukali et Tjelta (2015) mentionnent d'ailleurs qu'il est essentiel pour un joueur de hockey d'avoir des aptitudes de patinage (ex. vitesse de patinage sur diverses distances), puisque cela lui permet d'être performant autant au sprint que pour revenir dans sa zone lors d'une contre-attaque, et ce, avec une vitesse relativement élevée.

2.1.4. Autres aptitudes physiques

Par ailleurs, un bon équilibre et une symétrie corporelle sont aussi primordiaux chez l'athlète hockeyeur. On parle d'un bon équilibre corporel et d'une bonne symétrie corporelle chez un joueur de hockey, s'il possède une force musculaire, une flexibilité et un équilibre semblable entre ses divers segments corporels (Maloney, 2019 ; Quinney et al., 2008). Cela leur permet de prévenir les déficiences fonctionnelles du mouvement et les blessures (Dai et al., 2019 ; Quinney et al., 2008 ; Maloney, 2019). Maloney (2019) rapporte l'importance d'une bonne endurance musculaire abdominale afin de contrer les instabilités du tronc et/ou blessures au bas du dos, car cela peut engendrer une diminution de la performance au niveau des mouvements de patinage et donc affecter la

performance du joueur lors des matchs. Quinney et al. (2008) se sont attardés sur cet aspect et ont étudié les caractéristiques anthropométriques et physiques de la condition physique d'équipe de la LNH sur une période de 26 ans. Il rapporte qu'en termes de performance pour un joueur de hockey, un ratio en masse maigre dominant par rapport à sa masse totale lui permet d'augmenter sa puissance et sa vitesse de patin, ce qui influence positivement les résultats de performance physique lors d'un match de hockey au niveau professionnel. Pour sa part (Dai et al., 2019), rapporte qu'une asymétrie au test de traction isométrique à la barre mi-cuisse est corrélée négativement avec la hauteur d'un saut vertical et de la puissance anaérobie. Étant donné que ces deux tests sont des prédicteurs de performance de sprints répétés sur glace, il est plausible de croire que cela puisse inévitablement affecter les performances et diminuer le rendement sur glace. Dans le même ordre d'idée (Dai et al., 2019), rapporte aussi que la présentation d'asymétrie musculaire que ce soit au niveau des membres supérieurs ou inférieurs est grandement affectée par le niveau d'entraînement physique que possède l'athlète. La familiarisation avec les divers exercices qui sont impliqués dans la préparation physique d'un athlète est une variable à ne pas négliger dans l'analyse et l'identification d'asymétrie musculaire chez les athlètes hockeyeurs (Dai et al., 2019). La composition corporelle est aussi une variable liée à la performance des athlètes hockeyeurs sur glace que nous ne pouvons pas négliger. Quinney et al. (2008) se sont attardés sur cet aspect et ont étudié les caractéristiques anthropométriques et physiques de la condition physique d'équipe de la LNH séparée par des saisons réussies et non réussies sur une période de 26 ans. Il rapporte qu'en terme de performance pour un joueur de hockey un ratio en masse maigre dominant par rapport à sa masse totale, lui permet d'augmenter sa puissance et sa vitesse de patin, ce qui influence positivement les résultats de

performance physique d'un match de hockey au niveau professionnel. Dans le même ordre d'idée, Vescovi et al. (2006) ont étudié le profil anthropométrique des joueurs repêchés en LNH entre 2001 et 2003, et met en évidence la dominance de la masse maigre par rapport à la masse grasse chez les meilleurs prospects professionnels. Dans la même veine, Gilenstam et ses collègues (2011) démontrent une corrélation positive entre le poids corporel et la performance de patinage au test sur glace d'accélération et de vitesse maximale. Plus récemment, Chiarlitti et al. (2018), a aussi démontré une corrélation entre le taux de masse musculaire élevé et la réussite aux tests physiques du « *combine* » de la LNH. Ils ont démontré que plus le taux de masse musculaire est élevé, plus le taux de succès aux tests de saut en longueur, de traction à la barre, de développé couché, de Wingate et de force de préhension était élevé.

2.2. Autres avantages liés à la préparation physique du joueur de hockey

Considérant les exigences physiques du hockey, la relation entre une bonne préparation physique en saison morte, l'augmentation des performances sur glace tout au cours d'une saison et la diminution des risques de blessure est très importante. Les effets d'une bonne préparation physique chez un athlète hockeyeur se font sentir tout au long d'une saison, car cela permet au joueur de retarder et diminuer les effets du déconditionnement physique observé au cours d'une saison (Durocher et al., 2008). Durocher et al. (2008) ont démontré que la vitesse de patinage au seuil lactique diminue à partir de la mi-saison, le moment où à l'habitude les athlètes commencent à ressentir les effets de la fatigue liée aux matchs antérieurs. Cette diminution de vitesse de patinage au seuil lactique semble affecter le rendement du joueur. Cela aura pour effet de diminuer les efforts intenses soutenus, de même que diminuer la vitesse lors de sprints répétés. Dans la

même veine, Rocznio et al. (2016) rapporte qu'un manque d'entraînement aérobic en saison morte peut provoquer un déconditionnement accéléré chez les hockeyeurs durant la saison. Cette même étude rapporte par ailleurs qu'au cours d'une saison de hockey, la filière énergétique aérobic se détériore. Cela s'explique par le fait que les entraînements en aérobies se font plus rares en saisons à cause du temps et de l'effort que ses séances demandent. Donc cela peut se traduire par une diminution de la capacité de récupération entre les présences sur glace. Ce qui nous amène à penser que cela affectera les performances du joueur, et ce, plus le match avancera dans le temps, ainsi que la saison. Au niveau des risques de blessures, une préparation physique adéquate autant en saison morte qu'en saison joue un rôle important. Les travaux de Cox (1995), rapporte que le hockey est un sport très exigeant physiquement et que la forme physique est très importante afin de prévenir les blessures et la fatigue prématurée, qui est souvent liée aux blessures. À titre d'exemple, la 3^e période est la période du match au cours de laquelle le nombre de blessures est le plus élevé (Cox, 1995). De plus, Cox (1995), rapporte qu'un manque d'entraînement chez les joueurs de hockey est une des cinq raisons principales de blessures en saison. Cela met en évidence l'importance de la préparation physique dans ce sport. Par ailleurs, Zajac (2012), démontre qu'un entraînement axé sur les méthodes de force musculaire, 8 répétitions et moins, en saison morte permet au joueur d'augmenter sa masse maigre, qui est essentielle à l'absorption des impacts et ce qui par le fait même pourrait prévenir les blessures.

2.3. Condition physique et hockey : liens entre les aptitudes hors glace et sur glace

L'évaluation complète des aptitudes d'un joueur de hockey se traduit par un ensemble de méthodes qui permettront de donner une appréciation précise de chaque qualité physique ciblée. En plus des protocoles d'évaluation hors glace, il y a les épreuves sur glace, qui par leur contexte, sont plus spécifiques au sport. Tout comme la batterie de tests hors glace, *combine*, les tests sur glaces renseignent le personnel d'entraîneurs sur la capacité physique des athlètes. Les tests sur glaces viennent compléter le profil d'un joueur au regard de sa condition physique hors glace et de son répertoire d'habiletés sur glace. Dans cette même veine d'idée, le protocole d'évaluation le plus fréquemment utilisé dans le monde du hockey est celui employé par la LNH pour l'évaluation de ses futurs espoirs : *le National Hockey League Entry Draft Combine (NHLED combine)* (Données tirées du site sportnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020). Ce protocole est composé de 10 tests qui évaluent l'ensemble des capacités physiques chez les prospects de premier plan. Ces tests sont résumés dans les tableaux, présentés en annexes IV et V. Ils résument les résultats de tests physiques qui nous donnent un aperçu d'un profil de condition physique pour un joueur de hockey.

2.3.1. Évaluation des aptitudes hors glace

L'évaluation des aptitudes physiques s'inscrit à la fois dans une démarche de suivi de l'athlète que dans la détection du talent. Les tests d'évaluation de la condition physique des joueurs, ainsi que les résultats associés et les nombreuses études faites sur le conditionnement physique des joueurs de hockey ont permis au cours des années d'établir un portrait / profil athlétique hors glace d'un joueur de hockey (Montgomery, 1988, Vescovi, 2006, Allisse, 2017 et Allard, 2018). Les conclusions issues de ces études ont

permis aux entraîneurs et préparateurs physiques d'être en mesure d'orienter plus spécifiquement leurs approches afin que les joueurs développent les qualités physiques spécifiques à leur sport et puissent augmenter leur potentiel de performance.

2.3.2. Limites des tests hors glace

Mais à quel point le profil athlétique hors glace du joueur de hockey est-il primordial afin que ceux-ci performant sur glace ? Les recherches scientifiques n'ont toujours pas été en mesure de faire de lien direct entre le profil athlétique hors glace et les performances du joueur sur glace. L'exemple le plus probant constitue les fameux tests « *combine* » qui valorisent la condition physique de joueurs les plus performants au monde de leur groupe d'âge. Vescovi, Murray, Fiala et Vanheest (2006) démontrent que le taux de succès aux « *combine* » n'est pas prédictif de performance sur glace et qu'aucun des 12 tests utilisés aux « *combine* » ne pourrait faire les distinctions entre les joueurs repêchés en 1^{re} ou 9^e ronde. Toutefois, le stade de repêchage ne constituerait pas le meilleur indicateur de performance, considérant ses nombreuses facettes. Bien qu'Allard (2018) et Douglas et al. (2019) aient commencé à explorer cette piste, cela reste à un stade exploratoire. Il est difficile d'identifier à quel niveau le profil athlétique hors glace peut être associé à la performance sur glace. Plus spécifiquement, à quels indicateurs le profil physique des joueurs est-il associé ? Cela démontre que l'étude des liens entre la performance hors glace et la performance sur glace en est à ses débuts, et que plusieurs pistes d'analyses sont possibles.

2.3.3. Évaluation de la performance sur glace en contexte de « testing »

L'évaluation des aptitudes physiques sur glace s'inscrit aussi à la fois dans une démarche de suivi de l'athlète que dans la détection de talent. Par leur contexte sur glace,

certaines études (Nightingale et al., 2013) rapportent que dans certains cas, ces tests sont plus fiables et plus valides que certains tests hors glaces, et ce, dû à leur contexte spécifique. Tout comme les tests d'évaluation hors glace, l'évaluation des tests sur glaces des joueurs, ainsi que les résultats obtenus par ceux-ci et les nombreuses études faites sur le conditionnement physique des joueurs de hockey ont permis au cours des années, d'établir un portrait / profil athlétique sur glace d'un joueur de hockey (Allisse, Sercia, Comtois, & Leone, 2017 ; Gilenstam et al., 2011 ; Martini, Brunelle, Trudeau, & Lemoyne, 2018). Les conclusions issues de ces études ont permis aux entraîneurs et préparateurs physiques d'orienter plus spécifiquement leurs approches ainsi que leurs enseignements sur glace afin que les joueurs développent les qualités techniques et tactiques spécifiques à leur sport. Les tests d'évaluation le plus fréquemment utilisés sur glace dans le monde du hockey sont des tests de virage, d'agilité en forme de (S), d'agilité en mouvement avec et sans la rondelle, des tests de précision de tir, des tests d'accélération (puissance), de vitesse en patin avant et arrière, des tests de vitesse maximale et des tests d'évaluation des systèmes énergétiques (Allisse et al., 2017 ; Martini et al., 2018 ; Gilenstam et al., 2011). Tout comme les tests hors glace, un tableau résumé des tests physiques les plus fréquemment utilisés pour évaluer les aptitudes sur glaces des joueurs de hockey est présent en annexe VI. Une étude publiée par Roczniok et al. (2012) auprès des membres de l'équipe nationale de Pologne (U20), rapporte des corrélations significatives entre la capacité anaérobie et les tests de condition physique sur glace. En plus de démontrer une relation entre la capacité aérobie et les tests sur glace de 6x9m en virage, 6x30m en patinage arrière et le sprint de 30m, il a aussi démontré que les athlètes qui performent mieux au test 6x9m stop, 6x9m virage et 6x30m atteignent des valeurs de puissance plus élevée dans le *Wingate Test* et

montre des VO_{2max} plus élevé que ceux avec des résultats inférieurs à ses tests. En d'autres mots, le test 6x9m « stop » et 6x30m selon cette étude, sont des prédicteurs de condition anaérobie et aérobie sur glace. Des résultats similaires sont rapportés dans une étude de (Janot, Beltz, & Dalleck, 2015) chez des joueurs et joueuses de hockey collégial, de division III. Ils ont été en mesure de démontrer que le taux succès aux tests de saut vertical, de course sur 40 verges, de course sur 1,5 mile sont des prédicteurs de performance sur glace, par exemple, au niveau de la vitesse au sprint et dans l'exécution de sprints répétés. Plus précisément, les tests de saut vertical et de course sur 40 verges sont de bons prédicteurs de capacité anaérobie et de vitesse de patinage sur glace. Concernant le test *Reed*⁸, qui consiste à un test de sprint répété sur glace (adapté de Janot et al., 2015), il semble une des meilleures options pour prédire la capacité à faire des activités de patinages à répétition (Janot et al., 2015).

Dans un autre ordre d'idée, l'étude d'Allisse et al. (2017) c'est attardé sur les résultats de tests physiques et de programme d'entraînement hors glace et leur relation avec la performance de patinage. Dix-huit joueurs de hockey de haut niveau ($13,1 \pm 0,6$ ans) ont été évalués. Il a démontré qu'au cours d'une saison, les aptitudes de patinage sont davantage améliorées que suite à la saison morte où les joueurs s'entraînent de manière intensive pour améliorer cet aspect précis. Une piste qui peut expliquer ces améliorations est la répétition intensive des mouvements de patinage effectués au cours d'une saison comparativement à la saison morte, où les athlètes patinent moins souvent. Dans la même veine, cette même étude ne démontre qu'aucun des joueurs évalué n'a montré d'amélioration au niveau des aptitudes de patinage, même si le but de l'entraînement de la

⁸ Test Reed : Test modifié de sprints répétés sur glace (adapté de Janot et al., 2015).

saison estival était d'améliorer la force des membres inférieurs. Au contraire, certains tests se sont même vus détériorer suite à cette période. Par ailleurs l'étude d'Allisse et al. (2019) a évalué la relation entre le coût d'oxygène et diverses actions de patinage chez vingt-quatre joueurs de hockey de niveau élite, et ce, dans 3 catégories (pee-wee, bantam et midget). Ils ont démontré qu'un joueur avec un VO_{2max} plus faible travaillera à un pourcentage plus élevé de sa puissance aérobie, ce qui aura comme impact que le joueur aura de la difficulté à répéter de nombreux efforts de haute intensité tout au long du match. Donc cela aura un impact sur son rendement et ses performances sur glace. Par ailleurs (Allisse et al., 2019), ont démontré que pour certains tests sur glace tels que, le test de patin arrière pour les attaquants et le test d'agilité avec ou sans rondelle qui sont évaluée en unité de temps (secondes), ne représenterait pas la réelle performance du joueur étant donné les aptitudes liées à la position auquel il joue. Il propose que l'estimation des besoins en oxygène soit davantage un outil intéressant pour évaluer les joueurs sur glace. Cela démontre une certaine divergence de résultat entre la condition physique et la performance sur glace et nous permet d'observer qu'un entraînement spécifique pourrait peut-être avoir de meilleur effet au niveau de la performance en situation de match.

2.3.4. Condition physique et performance en situation de match

Quant aux liens entre la condition physique des joueurs de hockey et la qualité de leur performance sur glace, la littérature scientifique se fait plus rare et réussit plus ou moins à qualifier la relation entre ces deux aspects. L'analyse entre les performances observées lors de matchs et la condition physique des joueurs en est à ses débuts au hockey. Cette thématique de recherche a été explorée dans des sports comme le rugby. McLellan, Lovell, and Gass (2011), ont suivi une cohorte de vingt-deux joueurs masculins de rugby

professionnel, en examinant les exigences physiologiques de match via GPS. Ils ont mis en relation ces variables mesurées en fonction des périodes de jeu, en plus de comparer les aptitudes physiologiques selon la position des joueurs sur une période de cinq matchs. Ils démontrent qu'il n'y a pas de différences entre les arrières et les avants concernant la distance parcourue durant un match. Cependant, les arrières couvrent une plus grande distance à intensité moyenne et élevée, et ce, à une vitesse de sprint plus élevée que les joueurs d'avants (McLellan et al., 2011). Il démontre aussi que les arrières ont atteint des vitesses de course maximum et une durée de sprint à haute intensité plus élevée que les avants. De plus, les arrières possèdent aussi un temps de récupération plus court entre chaque sprint de haute intensité que les attaquants. Au niveau des fréquences cardiaques, il semble y avoir peu de différence entre les positions (McLellan et al., 2011). Une autre étude publiée par Deutsch, Kearney and Rehner (2007) auprès de vingt-neuf joueurs de rugby professionnels, où ils ont analysé les schémas de mouvements des positions des joueurs en fonction des systèmes énergétiques, aérobie et anaérobie, afin d'estimer leur performance. Les résultats démontrent que les arrières extérieurs possèdent le plus grand nombre de sprints (20) par jeu comparativement aux 3 autres positions. Au niveau du temps total des sprints, les avants du premier rang possèdent le temps le plus court (13,2s) comparativement aux arrières extérieurs qui possèdent un temps de sprint le plus long (78,3s), ce qui démontre clairement une différence d'aptitude physique nécessaire au même sport, qui est spécifique à leur position. Au niveau de la durée du travail et de la durée du repos, ce sont les avants du 2^e rang qui possède le temps de travail le plus long (28s) et les arrières extérieurs qui possèdent le temps de repos le plus long (521s). Au niveau du temps de travail, ce sont les avants du 1^{er} rang qui travaille le plus longtemps durant un match

(13,6 minutes) et ce sont aussi eux qui cumulent le plus grand nombre d'actions par jeu (185,2). Les résultats rapportés par ses études réussissent à mettre en relation la performance en situation de match et la condition physique des athlètes, en plus de proposer une piste d'entraînement afin de bien préparer les athlètes aux exigences physiques de leurs sports et de leurs positions. Les pistes de recherche sont donc prometteuses.

Dans d'autres sports comme le rugby et le soccer, l'évaluation et le suivi des capacités physiques sont davantage développés. McLellan et al. (2011), ont examiné les exigences physiologiques d'un match de rugby via GPS. Ils ont mis en relation des variables mesurées en fonction des périodes de jeu, en plus de comparer les aptitudes physiologiques (FC, etc.) selon la position des joueurs sur une période de cinq matchs. Dans son étude, Deutsch et al. (2007) a démontré qu'il est possible de mettre en relation des actions d'un match de soccer et la condition physique des athlètes mesurée en contexte de testing. S'inspirer de ses méthodes de suivis dans le sport qu'est le hockey, serait sans aucun doute un atout majeur pour le suivi et le développement de l'athlète. Plus spécifiquement au hockey, quelques études ont exploré la relation impliquant la condition physique et la performance en situation de match, sans toutefois parvenir à établir des liens aussi directs que ceux observés antérieurement dans d'autres sports comme le soccer et le rugby, par exemple. Une étude menée par Jackson et al., (2017), auprès de vingt joueurs de hockey masculins de niveau universitaire, démontre qu'indépendamment de la position, les joueurs ont une condition physique générale et des patrons de réponses similaires à l'effort (i.e. un indice de fatigue, FC_{max} sur glace). Au plan des actions effectuées lors de matchs, les joueurs passent 60% de leur temps à glisser en patin avant : 17% de leur temps à patiner vers l'avant à une intensité modérée, 9% de leur temps debout avec peu de

mouvement et 14% de leur temps à intensité élevée (Jackson et al., 2017). On rapporte aussi que lors de la réalisation d'actions déterminantes de hautes intensités et de courte durée, l'intensité ne cesse d'augmenter tout au long du match atteignant des pics de plus de 95% des fréquences cardiaques maximales. Plus récemment, Allard (2018) s'est intéressé à la notion de charge de travail des joueurs du Rocket de Laval dans la Ligue américaine de hockey (LAH) au cours d'une saison. Il a démontré entre autres que les attaquants, plus spécifiquement les centres et les ailiers, génèrent une intensité d'effort absolue qui est supérieure aux arrières (défenseurs) pendant un match. Il mentionne que cela s'explique par le fait que les tâches liées aux joueurs d'avant sont plus exigeantes au niveau de l'effort et de l'intensité. Autant pour les joueurs d'avants que les défenseurs, la charge de travail tend à diminuer au cours d'un match de hockey (d'une période à l'autre). Cependant, l'intensité tend à diminuer en 3^e période, alors que comparativement aux deux premières périodes, la charge de travail et d'actions tend à augmenter. Ainsi, un meilleur profil de condition physique s'avère un aspect primordial pour pouvoir performer tout au long d'une partie. Plus récemment, Douglas et al., (2019) abordent dans le même sens que les résultats de Allard (2018) (*voir tableau II*).

Tableau II.

Exigences physiques et performance en contexte de match.

Caractéristiques de la performance	Observations	Conclusions	Références
Intensité absolue	Les centres et les ailiers ont une intensité absolue supérieure aux défenseurs lors d'un match.	Tâches liées aux attaquants sont davantage exigeante au niveau de l'intensité.	(Allard, 2018)
Charge de travail	Plus élevé, et ce, indépendamment de la position du joueur en 1 ^{re} période versus les périodes 2 et 3. Charge de travail pour les attaquants différents selon les périodes (1 ^{re} période : 483 ± 65 watts), 2 ^e période (444 ± 73 watts), 3 ^e période (425 watts ± 94). Charge de travail pour les défenseurs n'est pas différentes entre les matchs gagnés ou perdus.	Plus le match avance, plus la charge de travail augmente. Plus le match, plus l'effort perçu par les attaquants est gros et exigeant.	(Allard, 2018) (Douglas et al., 2019)
Intensité des actions	Diminution en 3 ^e période de l'intensité des actions déterminantes faites par les joueurs comparativement aux 2 ^{es} périodes.	Plus le temps avance en temps, plus l'intensité des actions diminue.	(Allard, 2018)
Charge de patinage	Charge de patinage pour les attaquants différents selon les périodes (1 ^{re} période : 522 ± 24 watts), 3 ^e période (491 ± 6 watts), 2 ^e période (480 watts ± 8).	Malgré la fatigue accumulée, les joueurs réussissent à patiner de manière plus intense en 3 ^e période vs la 2 ^e .	(Douglas et al., 2019)
Effort explosif⁹	Indépendamment de la position des joueurs, il y a une diminution de la période 1 à 3 (attaquants : -106 watts / défenseurs : -57 watts).	Les attaquants souffrent davantage de fatigue cumulée due à leurs efforts plus intenses que les défenseurs.	(Douglas et al., 2019)
Ratio explosif	Pour les attaquants, il y a un effet entre le ratio explosif et le résultat du match. Les matchs gagnés avaient un ratio explosif de 1,46 watt comparativement à 1,41 watt pour les défaites.	Le résultat du match a un effet motivationnel sur les joueurs.	(Douglas et al., 2019)
Pourcentage de foulée à force élevé	Indépendamment de la position des joueurs, le pourcentage de foulée était plus élevé pour les matchs gagnés (17,27%) versus les matchs de défaites (16,48%).	Le résultat du match a un effet motivationnel sur les joueurs, ce qui peut influencer les performances sur glaces	(Douglas et al., 2019)

⁹ Effort explosif : calculé en prenant le nombre total d'efforts explosifs divisé par la charge de travail (Douglas et al., 2019).

Une bonne condition physique mène-t-elle au succès individuel et/ou collectif d'une équipe de hockey ? Les travaux de Douglas et al. (2019) abordent dans le sens de cette question, en vérifiant les relations entre la charge de travail et certains indicateurs de performance. Par exemple, l'étude de Douglas a investigué 20 joueuses de hockey au niveau élite, et ce, afin d'étudier les relations et les possibles différences entre certaines mesures sur glace et le résultat du match. Ils ont démontré que la charge de travail des arrières ne variait pas selon la performance collective, exprimée en victoires ou défaites (Douglas et al., 2019). Cependant, de tels résultats comportent leur part de limites, puisqu'on s'est penché uniquement sur l'issue du match pour évaluer la qualité de la performance. Or, il est possible qu'un joueur connaisse une bonne performance sans que l'équipe ressorte gagnante d'un duel. En ce sens l'analyse de performance des joueurs de hockey basée en fonction des matchs gagnés ou perdus, même sans faire de lien avec la condition physique préalable des joueurs et leur rendement sur glace sont des aspects à approfondir. La performance d'un joueur peut s'exprimer à partir d'un nombre élevé d'indicateurs de performance, impliquant des qualités physiques diverses par exemple, les changements de direction rapide, les batailles à 1 contre 1, le nombre de sprints répétés. En ce sens, il semble donc qu'il y ait un important manque à gagner en matière de connaissances et de données probantes pour mieux comprendre les relations entre la condition physique des joueurs et leur niveau de performance sur glace, en contexte de match.

2.4. Objectifs de recherche

L'objectif général de cette recherche est d'évaluer la relation entre les aptitudes physiques évalués lors des tests de condition physique hors-glace, la performance dans les protocoles de tests sur glace et la performance spécifique au jeu parmi une cohorte de joueurs de hockey de niveau junior évoluant dans la Ligue de Hockey Junior Majeur du Québec (LHJMQ). Comme le démontre bien la figure 1 (voir chapitre IV, page 36, article scientifique), cette présente étude comporte deux objectifs spécifiques. Premièrement, nous voulons vérifier les relations entre les qualités physiques hors glace des joueurs et la performance de ceux-ci sur glace. Pour ce faire, nous étudierons les relations entre le niveau de condition physique des joueurs établi en contexte de *testing* hors glace (établi en pré-saison) et la qualité de leur performance lors de matchs de saison régulière, à partir d'indicateurs objectifs de performance. Le deuxième objectif vise à vérifier si la performance de patinage sur glace de la condition physique des joueurs est associée à la réussite de leur performance en match. De plus, nous voulons vérifier si les relations significatives diffèrent selon la position du joueur.

III. CADRE DE RÉFÉRENCE

3.1 Les différentes méthodologies pour l'analyse de la performance en hockey

L'analyse de la performance sportive se traduit par une collecte de données exhaustive, permettent de dresser le portrait du rendement des athlètes dans divers contextes. Dans les sports collectifs, cette démarche peut se réaliser à partir de plusieurs méthodes d'analyses. Tels que l'indique le tableau III, on rapporte quatre catégories d'analyses de la performance sportive en contexte de match : 1) par grille d'observation, 2) par vidéo, 3) par système de positionnement local (LPS) et de positionnement global (GPS) et 4) par extraction de données basées sur l'intelligence artificielle (IA). Chaque méthode comporte sa part de forces et faiblesses, et il devient impératif d'en évaluer les couts et bénéfices, afin de déterminer le choix d'une méthode optimale. Le choix de la méthode repose sur plusieurs critères méthodologiques et de faisabilité : le choix des variables d'intérêt, les ressources disponibles, ainsi que la fiabilité-validité des méthodes, etc.

Tableau III.

Synthèse des méthodes existantes utiliser pour analyser la performance sur glace d'un joueur de hockey.

Méthodes d'analyses	Avantages	Limites & Inconvénients	Matériels	Références
Analyse notationnelle & systématique	Accessibilité Faible coût	Validité, fiabilité Nombre d'évaluateur Expérience, point de vue des évaluateurs Temps pour recueillir et analyser les données	Grille d'évaluation (papier ou électronique)	(Hopkins, 1991) (Nadeau et al., 2008)
Analyse vidéo & notationnelle	Accessibilité Faible coût Possibilité de revisionner	Validité, fiabilité Nombre d'évaluateur Expérience, point de vue des évaluateurs Temps pour recueillir et analyser les données	Caméra vidéo, grille d'évaluation (papier ou électronique)	(Barris et al., 2008)
Analyse LPS & GPS	Validité Fiabilité Fréquence d'échantillonnage précise	Dispendieux Possibilité d'inconfort lié à l'équipement porté Contexte (intérieur / extérieur)	Puce de localisation, borne de transmission, caméra	(Frencken et al., 2010) (Jennings et al., 2010)
Analyse basée sur l'intelligence artificielle	Validité Fiabilité Précision des données	Dispendieux	Caméra, ordinateur, borne de transmission	(Lignell et al., 2019)

3.1.1 Grille d'observation

Cette méthode d'analyse est la plus accessible, flexible, et consiste à observer l'action par observation directe et noter avec l'aide d'une grille d'évaluation les aspects évalués (Hopkins, 1991). Elle s'applique bien au sport collectif, alors qu'on peut y cumuler des observations tels que le nombre de tirs, les mises en échec, etc. Un excellent exemple d'analyse notationnelle en hockey est la grille d'évaluation proposée par Nadeau, Godbout, & Richard, (2008). Les données d'observation recueillie par cette méthode permettent de déterminer un volume de jeu par minute pour chaque joueur et de calculer un indice d'efficacité. Ensuite on cumule ses deux résultats pour ainsi obtenir un score de performance qui est notée via le « *Team Sport Assessment Procedure* » (TSAP). Cela permet l'évaluation sommative de la performance et du rendement des joueurs. Au niveau des points forts liés à cette méthode, on y retrouve l'accessibilité et le faible coût lié à l'analyse de données. Cependant, au niveau des points faibles, on dénote la validité et la fiabilité qui selon le nombre d'évaluateurs, leur expérience et leur point de vue peuvent avoir un impact considérable sur l'analyse. De plus, le temps pour recueillir et analyser les données sont aussi des points faibles rapporté pour cette méthode (Hopkins, 1991) (Nadeau et al., 2008).

3.1.2 Vidéo

L'analyse vidéo s'apparente à l'observation systématique, mais se distingue par le caractère indirect des observations ; le chercheur observe les actions par vidéo en les notant sur une grille d'évaluation. Cette méthode est aussi très accessible et flexible et permet de s'adapter aux divers sports, car les observateurs peuvent revoir la vidéo du match après l'événement. L'analyse vidéo permet l'évaluation d'aspects plus précis du jeu, comme

l'analyse de mouvement, la distance parcourue, la vitesse de patinage ou un type d'actions spécifiques aux joueurs. Dans l'étude de Brocherie et al., (2018) auprès de dix joueurs de hockey masculins de niveau international, ils ont analysé les changements dans les patrons de mouvement de patinage. Ils ont évalué des variables, telles que le temps de jeu jugé efficace, les temps d'arrêt et de repos, le nombre de présences, les activités de patinage à intensité faible et élevée, les passes, les tirs et les mises en échec. Analyser toutes ses variables en présentiel n'est pas possible, car le jeu est trop rapide. L'analyse vidéo est donc pertinente et permet un meilleur traitement de ces variables. Les avantages de cette méthode sont qu'elle est relativement simple à maîtriser et peu coûteuse (Barris & Button, 2008). Au niveau des points faibles, le principal est la fidélité de l'approche, puisqu'elle nécessite une procédure de validation rigoureuse (Barris et al., 2008). Par exemple, l'expérience de l'observateur, combinée à sa perception des événements peuvent avoir un impact substantiel sur l'analyse (Barris et al., 2008). De plus, la qualité des captations vidéo, ainsi que le temps pour recueillir et analyser les données sont aussi des points faibles de la méthode (Barris et al., 2008).

3.1.3 Système de positionnement local (LPS) et de positionnement global (GPS)

Les systèmes LPS et GPS sont des méthodes plus modernes, et offrent des perspectives intéressantes en termes de recherche. Le système LPS aussi nommé système de mesure de positionnement local (LPM) a été développé au début 2000 et est utilisé en contexte intérieur. Le LPS possède une fréquence d'échantillonnage pouvant aller jusqu'à 1000 Hz, et ce, avec une précision qui varie de quelques centimètres. Cette méthode permet de recueillir des données telles que, la position des joueurs, leurs déplacements, leur vitesse, leur distance parcourue, le nombre d'accélérations positives et négatives effectuées

et même la nature des collisions subie par l'athlète (Frencken, Lemmink, & Delleman, 2010). Cette même étude de Frencken et al., (2010) a évalué la précision et la validité du LPS pour mesurer la distance et la vitesse pendant des sprints chez les footballeurs. Les auteurs ont conclu que ce système dispose d'une précision élevée concernant les données de position et de vitesse autant statique que dynamique, ce qui permettrait l'évaluation dans plusieurs sports intérieurs. Concernant les points forts de cette méthode, la validité et la fiabilité scientifiques de cette méthode sont réellement les avantages majeurs de cette méthode (Frencken et al., 2010). Concernant les points négatifs, le coût d'acquisition du système et l'inconfort que certains joueurs éprouvent à jouer avec la puce de localisation sont les 2 principaux inconvénients. (O'Hara et al., 2013). Pour sa part, le GPS a été utilisé dans le sport pour la 1^{re} fois à la fin des années 90. Il dispose d'une bonne fiabilité, validité et fréquence d'échantillonnage en situation d'entraînement et de match (Jennings, Cormack, Coutts, Boyd, & Aughey, 2010). Le GPS est généralement utilisé pour mesurer la distance totale parcourue par l'athlète, la vitesse dans différentes activités sportives (Jennings et al., 2010) et la mesure de la charge externe d'entraînement (Douglas et al., 2019). Le GPS permet d'obtenir des données telles que l'intensité fournie par les joueurs, les accélérations, la vitesse et les changements de direction et/ou de mouvement (Jennings et al., 2010). Dans cette même étude publiée par Jennings et al., (2010), auprès de vingt joueurs de football australien afin d'évaluer la différence de distance mesurée par deux puces du même modèle GPS, ils ont démontré que le système GPS différencie les mouvements linéaires de ceux réalisés avec obstacles. Les autres concluent aussi de toujours prendre la même unité GPS pour chaque joueur afin de diminuer le risque d'erreur de mesure et augmenter la validité des mesures recueillies. Tout comme le LPS les points

forts sont, la validité et la fiabilité scientifiques (Jennings et al., 2010). Pour ce qui est des points négatifs, le GPS ne permet aucune appréciation qualitative des actions, est coûteux à acquérir et peut être inconfortable pour certains joueurs (Allard, 2018).

3.1.4 Données basées sur plateformes informatiques et intelligence artificielle

Cette méthode d'analyse est basée sur des algorithmes informatiques et de vision via ordinateur qui suivent de manière automatique les événements sur glace, tout en créant des ensembles de données qui fournissent des informations objectives et précises pouvant améliorer l'efficacité et la connaissance du personnel d'entraîneurs. La plateforme InStat¹⁰ constitue un bel exemple, alors que chaque séance du match est découpée pour lui accorder une valeur indiquant le rendement, ce qui permet aux personnels entraîneurs d'allouer davantage de temps à l'analyse du jeu d'équipe, des tendances de jeu et aux performances individuelles¹¹. Une étude de Lignell, Fransson, Krustup, and Mohr, (2018) qui utilisait cette méthode auprès de trente-six joueurs de hockey professionnel a été en mesure d'évaluer l'intensité des joueurs, la distance parcourue selon l'intensité, la distance parcourue globale, la vitesse de patinage par joueur, la vitesse de patinage par période pour l'ensemble de l'équipe en plus de la superficie couverte par chaque joueur. Cette méthode permet donc d'identifier les forces et les faiblesses de chaque joueur et de produire un rapport détaillé à l'entraîneur qui peut ensuite appliquer les changements nécessaires pour chaque joueur et son équipe.

¹⁰ InStat. (2019). *InStat Scout Hockey*. https://instatsport.com/hockey/instat_scout

¹¹ Iceberg Sports Analytics. (2019). <https://www.icebergsports.com/premium>

Au-delà des indicateurs mentionnés précédemment, cette méthode permet de recueillir des indicateurs de performance spécifique au sport. Dans notre cas plus précisément, pour la collecte de donnée en contexte de match, nous avons utilisé le système d'analyse de données « InStat ». Ce système est un outil d'analyse statistique avancées qui permet de recueillir des statistiques afin d'évaluer les actions des joueurs que ce soit en zone offensive, défensive, neutre ou lors d'implications physiques du joueur. Ce logiciel contient 98 paramètres d'évaluation pour les joueurs (temps de jeu, nombre de tir, de but et de passe et passe clé, les chances de marquer, les mises en échecs, les erreurs graves, le CORSI⁸, etc.) et 79 pour les équipes (nombre de tir total, nombre de passes clés total, temps de possession de la rondelle, etc.). Le logiciel découpe et analyse les matchs selon les préférences de l'utilisateur ce qui rend l'analyse plus spécifique (InStat, 2019). Étant donné les nombreuses utilisations de ce logiciel dans les réseaux de sports professionnels comme, la LNH, la Ligne continentale de hockey (KHL), la Liiga Finlandaise et de la Ligne de hockey de Suède (SHL), cela montre la validité et la fidélité de cet outil d'analyse.

Comme mentionné précédemment, le système « InStat » propose une multitude d'indicateurs pour l'analyse de la performance en hockey (InStat, 2019). Pour le présent projet, les indicateurs retenus sont inspirés de la plate-forme d'analyse puisqu'elle est souvent utilisée par les plus grands réseaux professionnels. Dans notre cas présent, les indicateurs de performance en situation de match que nous avons utilisé sont : mises en échec reçues, mises en échec données, buts attendus avec pression adverse, entrée de zone contrôlée, sortie de zone contrôlée, buts défensifs attendus et tirs bloqués (voir tableau IV). Il est important de mentionner qu'une traduction libre des indicateurs de performance

⁸ CORSI : nombre de tir réussi dans un match versus le nombre de tirs tentés.

en situation de match a été faite. Normalement, les termes sont utilisés en anglais. La validité, la fiabilité et la précision statistique de cette méthode d'analyse sont réellement ses avantages majeurs (Lignell et al., 2019)

Tableau IV. *Les indicateurs de performance en situation de match et leurs relations avec la performance.*

Indicateurs de performance	Définition	Associations avec la performance
Implication physique		
Mise en échec reçue	Situations dans lesquelles un joueur est frappé par un adversaire.	Implication physique, risque de blessures.
Mise en échec donnée	Situations dans lesquelles un joueur a frappé un adversaire.	Implication physique.
Contribution offensive		
*Buts attendus avec pression adverse	Probabilité de marquer un but sur les tentatives de tir lorsque le joueur est sur la glace.	Talent offensif ; création d'une offensive sous pression.
Entrées de zone contrôlée	Lorsqu'un joueur entre dans la zone offensive en contrôlant la rondelle, avec le bâton ou par une passe.	Associé à la production offensive et au succès de l'équipe.
Sorties de zone contrôlée	Lorsqu'un joueur sort de la zone défensive en contrôlant la rondelle.	Associé à la production offensive et au succès de l'équipe.
Contribution défensive		
*Buts défensifs attendus	Probabilité de voir un adversaire marquer lorsque le joueur évolue en zone défensive.	Efficacité défensive
Tirs bloqués	Situations défensives dans lesquelles le joueur bloque les tirs de l'adversaire.	Contribution défensive.

IV. ARTICLE SCIENTIFIQUE

RELATIONSHIPS BETWEEN FITNESS, ON-ICE TESTING AND GAME PERFORMANCE IN ELITE JUNIOR ICE HOCKEY PLAYERS.

ANDRÉ-PHILIPPE DAIGLE, M.Sc.,^{1,2} STEVE BÉLANGER, CAT (C), ATC, D.O.,^{1,2,3} & JEAN LEMOYNE, Ph.D.^{1,2}

¹DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE, UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES, TROIS-RIVIÈRES, QUÉBEC, CANADA.

²LABORATOIRE DE RECHERCHE SUR LE HOCKEY DE L'UQTR

³REMPARTS DE QUÉBEC, QUÉBEC, QUÉBEC, CANADA

Abstract

This study aims to explore relationships between fitness, on-ice physical abilities and game performance among elite junior male ice hockey players. Twenty-one junior major ice hockey players (18.9 ± 1.4 years old) participated in the study. Measures were taken during 2019-2020 training camp, and included five fitness tests and three on-ice skating tests. Game performance metrics (during regular season) were collected with the InStat software. The results of the (on-ice and off-ice) physical tests were analyzed by evaluating correlation coefficients in multiple areas of game performance: 1) Physical implication (body checks), 2) Offensive contribution (expected goals, zone entries), 3) Defensive actions (blocked shots, defensive expected goals). Results showed that results from the broad jump test were associated with skating speed. Some significant correlations ($p < 0.05$) were also observed between on-ice tests performance indicators, such as hits, expected goals, and blocked shots. Results revealed that on-ice test protocols are associated with players' performance in multiple aspects of the game. Partial correlations analyses show that some tests have relationships that are specific to the player's position. The addition of on-ice physical tests seems to be an essential element in order to be able to interpret the results of ice hockey players' physical tests and to integrate them into the follow-up of their physical preparation.

Keywords: ice hockey, fitness, on-ice testing, game performance

Introduction

Ice hockey is a sport made up of intermittent, high-intensity actions in which the players have to perform various movements, both in terms of techniques and tactics (14). Such demands become a challenge for coaches and strength conditioning coaches, who must ensure that their athletes stay at the top of their game, while respecting their ability to adapt to the physical and psychological demands of a season (1). Rigorous annual planning, combined with sustained coaching, are therefore major assets in the development and performance at the highest levels of competition. Over the past fifty years, ice hockey has evolved, both in terms of the technical aspects of the sport and the interests it has generated in the scientific community. Early publications on ice hockey underlined the physiological demands of the sport (17) and focused on identifying the physical and physiological aspects that define the elite ice hockey player (20). As a good example, Cox et al. (7) provided an exhaustive description of physical attributes that are required in ice hockey players that contribute to identify the characteristics in which to excel, which is crucial for physical preparation and monitoring of ice hockey players. In ice hockey, most authors agree that good physical condition is essential for in-game performance. Optimal fitness requires the development of aerobic-anaerobic skills with physical attributes such as strength, power, speed and agility (8, 20). It is with the goal of maintaining the physical and technical skills that support performance that the tasks associated with physical preparation becomes relevant.

Several studies have related physical abilities to the multiple tasks of ice hockey players. To date, a considerable number of studies have paid attention to the players' fitness in order to establish norms (7, 15), analyze the physiological demands (2, 6, 9, 11, 12, 14) and predict on-ice performance (1, 6, 9, 16, 18, 19, 24). More recently, some authors have paid particular attention to "game specific" parameters, such as workload assessment over the course of a season and its fluctuations during a game or a season at different playing levels (1, 5, 27). For example, it has been shown that forwards have a higher absolute effort intensity than defensemen during a game, that the workload tends to decrease during a game regardless of position, and that this same workload does not vary according to the team's collective performance, measured in terms of winning or losing (9). Despite the recent advances in relation to ice hockey physical demands and responses in competitive situations, the ability of players' fitness to predict performance during matches needs further investigation. In this regard, a review by Nightingale (22) demonstrates that despite the plethora of off-ice and on-ice physical tests, associations between physical parameters and on-ice performance are still inconclusive. Nightingale (2013) reports that despite the potential value of physical attributes to predict hockey performance, there is still a gap between these and on-ice performance in a game context (22). Roczniok abounds in this sense by demonstrating the importance of a good aerobic and anaerobic condition to excel among European elite players (25, 26, 28). In the same vein, Kniffin showed significant associations between physical fitness indicators and variables such as playing time and offensive contribution among NCAA players, over a 14-years follow-up (16). However, some discrepancies seemed to appear depending on the performance indicators selected. For example, Williams (30) examined the relationships between physical attributes that

were measured off-ice (e.g., long jump, 15m sprint) and an on-ice performance indicator (e.g., point-share). The results suggest that off-ice indicators were not strongly associated with on-ice performance, and more research was needed in this area. Such results suggest that off-ice tests alone may not explain players' performance in a match context. In summary, it seems necessary to include game performance indicators that are potentially associated with the physical attributes that are tested. For example, we think that the physical attributes that are assessed in testing should be associated with game performance indicators that would be more closely related with a corresponding dimension (e.g., skating speed associated with situations that require speed).

Study objectives

From this perspective, we believe that on-ice testing can more closely explain performance in a match situation and therefore it becomes relevant to include such measures in order to better understand the contribution of testing protocols as a determinant of performance. Establishing a better understanding of these associations leads to a more efficient way to prepare athletes in the quest to help them performing at the highest level. The objective of this study is to observe the relationships between physical attributes assessed during off-ice fitness tests, performance in on-ice test protocols and specific game performance among a cohort of elite junior ice hockey players playing in the Canadian Hockey League (CHL). As illustrated in Figure 1, this study has two specific objectives: 1) Test the relationships between physical fitness and on-ice performance, and 2) Verify if players' fitness on-ice skating performance is associated with their game performance success. In addition, we want to verify if the significant relationships differ regarding player position.

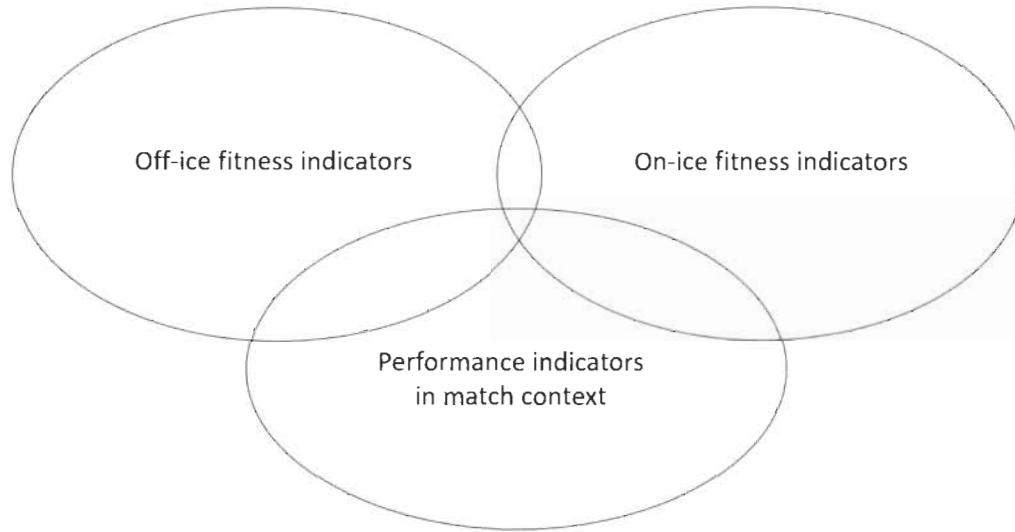


Figure 1. *Interactions between performance indicators in on-ice hockey players*

Methodology

Participants

Twenty-one major junior ice hockey players (QMJHL) participated in this research. The QMJHL is one of three major junior hockey leagues that make up the Canadian Hockey League (CHL), which is considered among the best junior leagues, that prepares players for the National Hockey League entry draft (NHL). The sample consisted of player who made one specific team, especially because we wanted to assess their performance throughout a regular season. Goaltenders were excluded from the study due to the small sample size and their task-specific characteristics. As shown on Table 1, the players selected for the study (13 forwards and 8 defensemen) were between 17 and 21 years of age (18.9 \pm 1.4 years). All subjects were free to decide partake in the study and sign the

informed consent form. The research was approved by the researchers' institution ethics committee (CER-20-271-07.05).

Table 1. *Descriptive and anthropometric data of participants*

	Position	M \pm SD	Min	Max
Age (years)	F	18.6 \pm 1.2	17.0	21.0
	D	19.1 \pm 1.5	17.0	21.0
	T	18.9 \pm 1.4	17.0	21.0
Height (cm)	F	170.0 \pm 17.0	1.5	1.9
	D	180.0 \pm 5.0	1.8	1.9
	T	180.0 \pm 12.0	1.5	1.9
Weight (kg)	F	79.6 \pm 5.2	68.5	86.2
	D	80.3 \pm 5.6	70.7	86.2
	T	80.1 \pm 5.3	68.5	86.2
Games played (nb)	F	46.0 \pm 9.5	29.0	62.0
	D	45.6 \pm 13.2	22.0	62.0
	T	45.8 \pm 11.6	22.0	62.0

F = Forwards (n = 13); D = Defensemen (n=8); T = Total (n =21)

All players completed a battery of fitness tests, both off-ice and on-ice at the training camp preceding the 2019-2020 season. This procedure was the same before the start of each season. First, five off-ice, fitness tests were conducted: 1) bench press, 2) barbell pull, 3) reverse pull, 4) high jump and 5) long jump. Secondly, on-ice attributes were assessed with three skating tests: 1) the forward skating sprint test (100 feet, with split time at 25 feet) (13), 2) the backward skate sprint without crossovers, (100 feet, with split time at 25 feet) (13), and 3) the skating multi-stage aerobic test (SMAT) (2,3). For game performance indicators, we chose indicators that were among the most common in the hockey analytics

field, which were available on the *Instat* platform (<https://instatsport.com/hockey>). We selected three categories of game performance indicators, represented by a total of seven metrics mentioned within the parentheses: 1) physical implication (body checks-received and attributed), 2) offensive contribution (expected goals-zone entries-zone exits) and 3) defensive contribution (defensive expected goals-blocked shots). Therefore, these data were analyzed to determine if there was an association between fitness, on-ice skating tests and game performance throughout a season.

Procedures

Off-ice fitness measures

Anthropometric measures. For height, the evaluation was done to the nearest 0.1 cm, with the participants barefoot against the wall. Weight (kg) was measured with a scale (Pelstar; 500 KL) available to the team to the nearest 0.01 kg.

Off-ice fitness testing protocol. Participants completed a general and specific warm-up before beginning the physical tests. Warm-up included a light jog, passive stretching of the quadriceps, hamstrings, and glutes, followed by a ballistic activation. In addition, a specific warm-up for each test was performed prior to execution, i.e., performing the test two times before the first measurement. For each test, for safety purposes, a member of the medical team was present for test administration.

Upper body Strength-Endurance. We measured upper body strength-endurance with three tests: the bench press test, the pull-up test and the inverted row test. Each

participant completed the bench press on a flat bench using an Olympic barbell (45lbs) to measure their upper body strength and endurance. Protocol of the Bench Press Test has been previously validated (6). The weight added on the bar was 75% of their body mass. The participant had to maintain a cadence of 25 b-min⁻¹ imposed by a metronome. The number of repetitions (n) completed before the athlete was no longer able to keep up with the cadence would be their test score (6,21).

Pull-up test (force-endurance, upper limbs). Participants are required to hold the bar, which is overhead, with a pronated grip (hands over the bar with palms facing outward) with hands approximately shoulder width apart and arms extended. The test administration protocol was internally validated (6). The participant rises by bending his arms until his chin comes above the top of the bar and then descends. Only the number repetitions performed with the correct technique were counted.

Inverted row test. The participants were placed under the bar so that the participant did not touch the floor. The bar was suspended from a stand. The participant holds the bar in pronation, hand to shoulder width and feet are on a box so that the participant at the end of the movement is horizontal. The participant does as many tirades as possible by touching the torso to the bar with each repetition, and this with a regular rhythm. Only the repetitions (numbers) performed with the correct technique were counted.

Lower body muscular power. We assessed lower body muscular power by using the broad jump test and the vertical jump. The participant stood behind a marked line on the floor with his or her feet slightly apart. In the broad jump, the participant had to jump as far as possible by landing on both feet without *falling*. Three attempts were allowed and this test was scored in centimeters (cm) (11). For the vertical jump the participant stood

near the wall where a tape measure is attached. With the feet firmly on the ground, the participant reached the highest possible mark on the tape with the hand and fingers extended. Next, the participant moved slightly away from the wall so that they could bend their arms and knees to help them make their vertical jump. The participant jumped as high as possible, touching the tape at the maximum height reached (21).

On-ice tests

As for the warm-up, participants had the same routine as for the off-ice physical tests, in addition to warming up more specifically on the ice with laps on the ice sheet with accelerations of increasing intensity.

Sprint tests (forward and backward). The sprint tests in skating are based on the IIHF Skills Challenge Manual tests. A modified version was been made in this case, which includes a forward skating sprint test and a backward skate sprint test over 100 feet (30.48 m) distance to measure both skating speed and acceleration. The participant began on the ice at the goal line. Acceleration was measured as the player began to skate and passed 25 feet from the start line (13). Time splits were measured with the Brower timing system (www.browertiming.com).

Aerobic capacity. Subsequently, the Multi-Stage Aerobic Test for Skating (SMAT) measures VO_{2max} in skaters. This test has been validated in previous studies (2). In this test, athletes have to skate in 60-second intervals back and forth between 2 predefined lines on the ice, at a distance of 45 meters, with a 30-second recovery between each interval. The starting speed of stage 1 is 3.5 m/s, with an increment of 0.2 m/s at each stage. Players have to synchronize with the predetermined tempo, until being unable to follow the tempo. The

estimated $\text{VO}_{2\text{max}}$ is calculated from an equation based on the last completed stage and was reported to be valid and reliable with this population (2, 3).

Game performance indicators

In ice hockey, many options are available when assessing indicators associated with performance (e.g., goals, assists, number of minutes played per game, power play time, etc.). In the present study, we selected game performance indicators that would allow us to evaluate, as clearly as possible, the relationships between the player's physical abilities and their performance during a game. Then, we chose indicators that have a potential to be associated with speed, strength, power and endurance. Then we classified indicators according to three categories of actions: 1) physical implication, 2) offensive contribution and 3) defensive contribution. As shown in Table 2, the selected indicators show links with the players' performance.

Table 2. *Performance indicators and their relationships with performance.*

Performance indicators	Definition	Associations with performance
Physical implication		
Hits againts (Ha)	Situations in which a player was hitted by an opponent.	Physical implication, risk of injuries.
Hits (H)	Situations in which a player hits an opponent (shoulder check).	Physical implication.
Offensive contribution		
Expected goals with player on (xG-on)	Probability to score goal on shot attempts when the player is on the ice.	Offensive talent; creating offensive play under pressure.
Controlled entries (CZE)	When a player enters the offensive zone in control of the puck, by stickhandling and passing.	Associated with offensive production and team success.
Controlled exits (CEX)	When a player exits the defensive zone in control of the puck.	Associated with offensive production and team success.
Defensive contribution		
Defensive expected goals (D-xG)	Probability to see an opponent score when the player is playing in the defensive zone.	Defensive efficiency
Blocked shots (BS)	Defensive situations in which the player block the opponent shots.	Defensive contribution.

Statistical analyses

The off-ice and on-ice fitness results as well as the on-ice performance indicators were analyzed using descriptive statistics. Means and standard deviations of all variables were calculated and the assumptions of normality of the distributions were tested using the Shapiro-Wilk (SW) test, which revealed no significant violations of normality (all SW statistics; $p > .05$). Firstly, we conducted for the first objective correlation analyses to verify the strength of associations between off-ice and on-ice tests. We analyzed for the second objective, we analyzed the correlation matrix to evaluate the associations between on-ice fitness indicators and game performance indicators. In the third objective, we controlled for the effect the player's position using partial correlations (forward versus defensemen). These analyses were applied only in cases with significant correlations observed previously (Objective 2). All analyses were performed using SPSS software (version 26) and the significance level of all tests was set at the minimum threshold of $p < .05$.

Results

Descriptive statistics

Participants playing time characteristics are presented in Table 3. Although there were some differences that suggest a higher volume of play for the defensemen, none of these were significant in terms of the number of games played, number of shifts and playing time. The number of games played plateaued around a total of 45 games during the season, which was shortened because of covid-19 restrictions imposed in 2020. Time on ice and number of shifts per game were similar to other regular season numbers.

Table 3. *Participants characteristics regarding playing time*

	Matches (n)	Time on Ice (min:s)	Shifts / game (n)
Defensemen	46.0 ± 9.5	14:30 ± 5.57	21.6 ± 3.8
Forwards	45.6 ± 13.2	11:42 ± 5.42	18.6 ± 4.4
Total	45.8 ± 11.6	12:44 ± 5.47	19.7 ± 4.3

Table 4 presents the physical characteristics of the participants with respect to their fitness tests and on-ice results in skating tests. Fitness was similar when comparing defensemen and forwards, with no significant differences ($p > .05$). In on-ice tests, we can observe that the defensemen displayed better results in the two backward skating tests ($t_{100} = 2.263$, $p = .039$; $t_{25} = 2.423$, $p = .029$). On the other hand, forwards had higher VO_{2max} values comparatively to defensemen ($tVO_{2max} = 2.394$, $p = .029$).

Table 4. Descriptive statistics of off-ice and on-ice physical condition

	Bench press (nb)	Inverted row (nb)	Pull up (nb)	Broad jump (cm)	Vertical jump (inch)	Forward sprint 25'/sec (s)	Forward sprint 100'/sec (s)	Backward sprint 25'/sec (s)	Backward sprint 100'/sec (s)	SMAT (ml/kg/min ⁻¹)
Defense	19.8 ± 5.9	18.9 ± 5.0	15.9 ± 3.4	260.0 ± 6.4	24.5 ± 2.5	1.6 ± 0.1	4.4 ± 0.1	2.3 ± 0.1*	5.8 ± 0.2*	66.8 ± 1.7
Forward	18.1 ± 6.5	17.0 ± 6.8	14.5 ± 3.5	251.1 ± 14.6	24.5 ± 3.8	1.6 ± 0.1	4.4 ± 0.1	2.4 ± 0.1	6.1 ± 0.3	68.9 ± 1.9*
Total	18.8 ± 6.2	17.7 ± 6.1	15.1 ± 3.4	254.9 ± 12.3	24.5 ± 3.3	1.6 ± 0.1	4.4 ± 0.1	2.4 ± 0.1	6.0 ± 0.3	68.1 ± 2.1

*Significative difference between defense and forward

Objective 1. Relationships between off-ice and on-ice tests

Table 5 shows that two off-ice variables tend to be associated with on-ice physical tests. Broad jump was correlated with the forward skating sprint test ($r = -.536$; $p < 0.05$) and backward skating test ($r = -.534$; $p < 0.05$). Such results showed that the most powerful players on the broad jump tend to be faster skaters ($r_{\text{partial}} = -.717$, $p = .003$). In addition, weight correlated with both backward sprint tests ($r_{25'} = -.617$, $p < .05$; $r_{100'} = -.451$; $p < .05$). Partial correlation analyses showed that this association was significant for forwards and defensemen ($r_{\text{partial}} = -.680$, $p < .01$).

Table 5. *Correlation between off-ice and on-ice physical indicators*

	Skating forward 25'/sec	Skating forward 100'/sec	Skating backward 25'/sec	Skating backward 100'/sec	SMAT (ml/kg/min ⁻¹)
Bench press test	.164	-.305	-.044	-.069	-.075
Inverted row	.384	-.020	-.188	-.281	-.392
Chin up	.280	.013	-.288	-.370	.001
Broad jump	-.146	-.536 *	-.398	-.534 *	-.297
Vertical jump	-.163	-.223	-.142	-.142	-.112
Weight	.118	-.060	-.617 *	-.451 *	-.160
Height	-.244	-.023	.361	.370	.409

SMAT: Skating Multi-stage Aerobic Test

* $p < .05$

Objective 2. Testing and game performance

We observed some significant associations between off-ice tests, on-ice tests and game performance indicators. For off-ice tests, only one correlation approached the significance level. As shown on Figure 2, better performance in vertical jump was significantly associated with the number of body checks ($r = .488, p < .05$). Partial correlations showed that this associations remained significant even after controlling for players' position ($r_{\text{partial}} = .512, p < .05$).

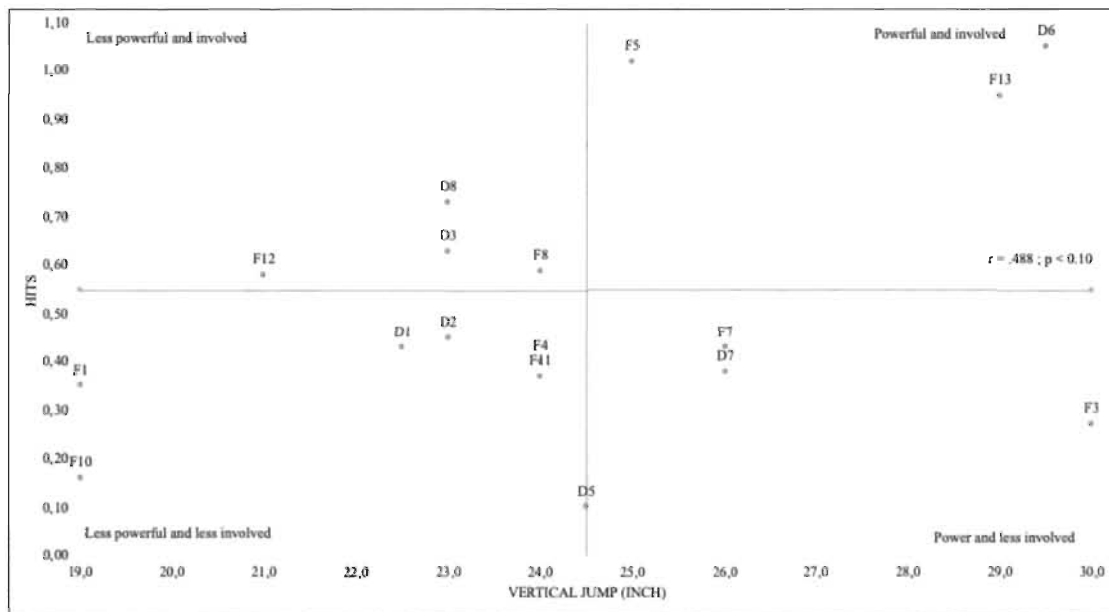


Figure 2. The association between vertical jump test and attributed hits.

Four correlation coefficients involving on-ice tests and game performance indicators were found to be significant (see Figures 3-6) and the other correlations were not significant (see Appendix A-B). Figure 3 shows that the fastest players at the forward speed skating test tend to receive more body checks ($r = -.598, p < .05$). Inversely, they tend to give more bodychecks to opponents, but this association was not significant ($r = -$

.209, $p < .10$). When controlling for position, the partial correlations remained significant ($r_{\text{partial}} = -.539$; $p < .05$, which means that faster players are involved into play and get more hits, no matter if they are forwards or defensemen.

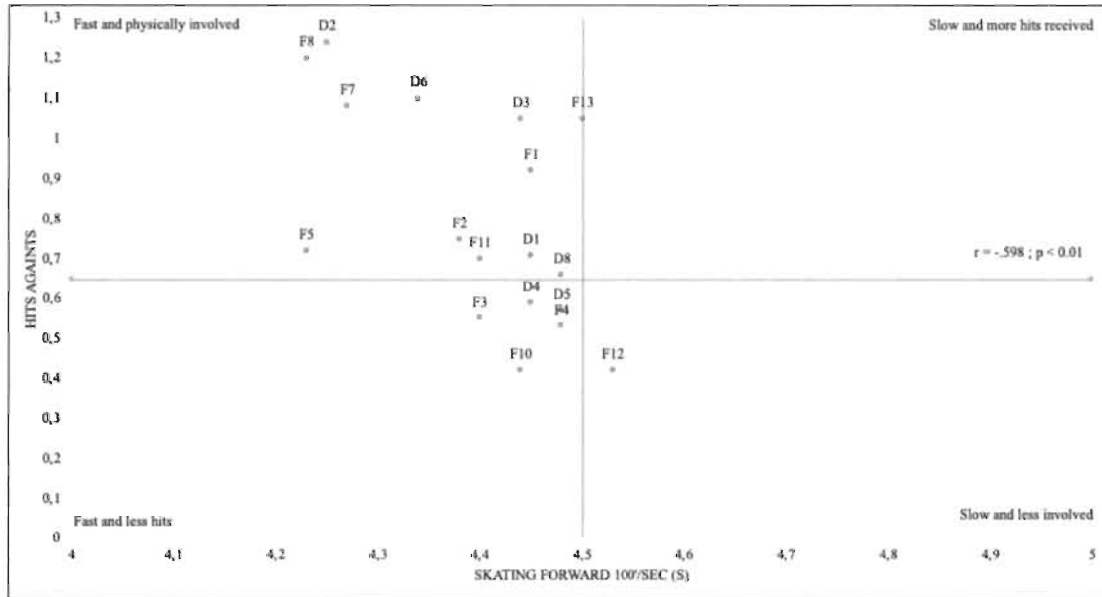


Figure 3. The association between skating speed and hits against.

In Figure 4, the negative significant coefficient shows that the fastest players in forward sprint test displayed more offensive production, with a higher expected goal ($r = -.485, p < .05$). However, the non-significant partial correlation coefficient ($r_{\text{partial}} = -.397, p > .05$) showed that this association was specific for forwards. In summary, better skaters tend to have an impact offensively, by leading to higher offensive expected goals.

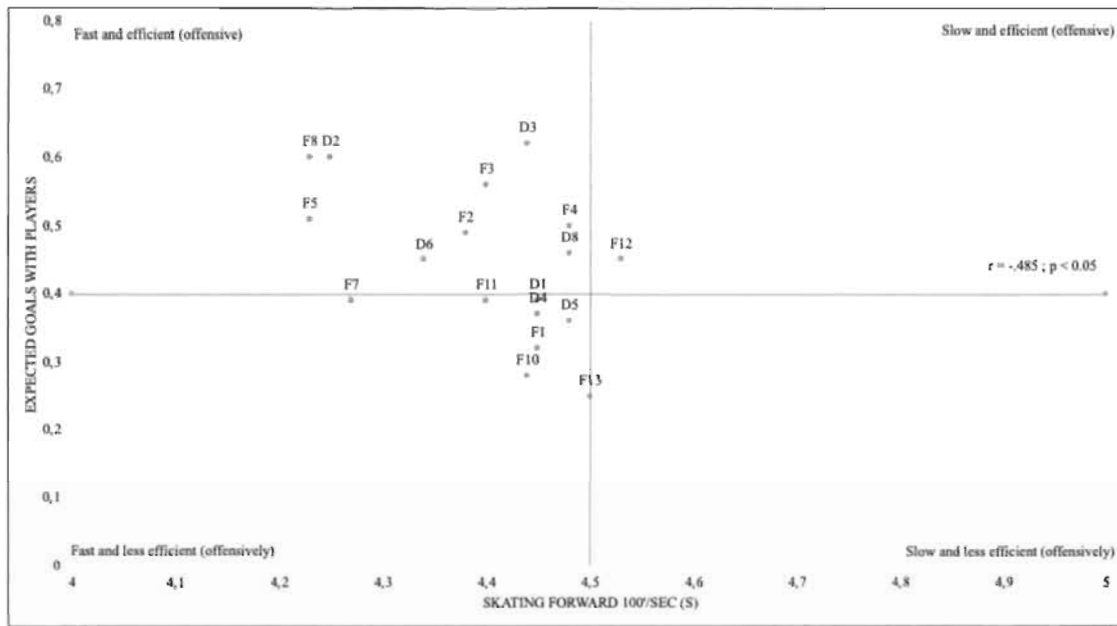


Figure 4. The association between skating speed and expected goals.

Similar to what was observed with forward skating, Figure 5 shows that being faster in the backward skating test is significantly associated with offensive production ($r = -.528$, $p < .05$). This association remained significant when controlling for players' position ($r_{\text{partial}} = -.442$, $p = .05$), which suggests that faster skaters tend to contribute offensively, either for defensemen or forwards.

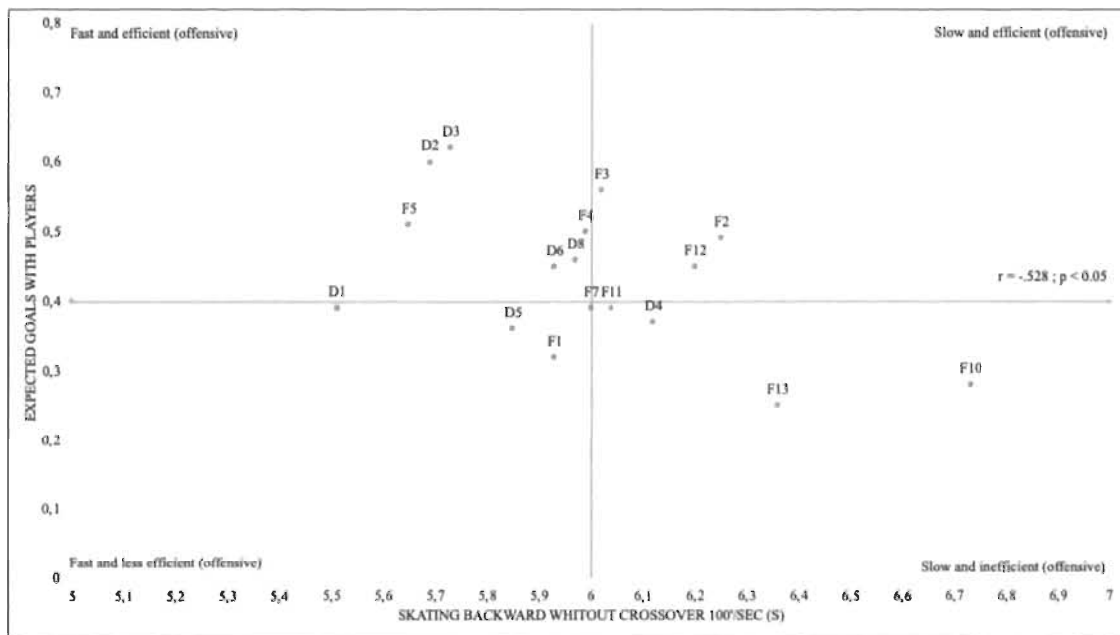


Figure 5. The association between backward skating speed and expected goals.

On Figure 6, results show that players who performed better in the backward acceleration test (25 feet measure) displayed more blocked shots ($r = -.497, p < .05$). When we analyzed partial correlations to control for players' position, coefficient was non-significant ($r_{\text{partial}} = -.145, p > .10$) which suggests that such association was specific only for defensemen.

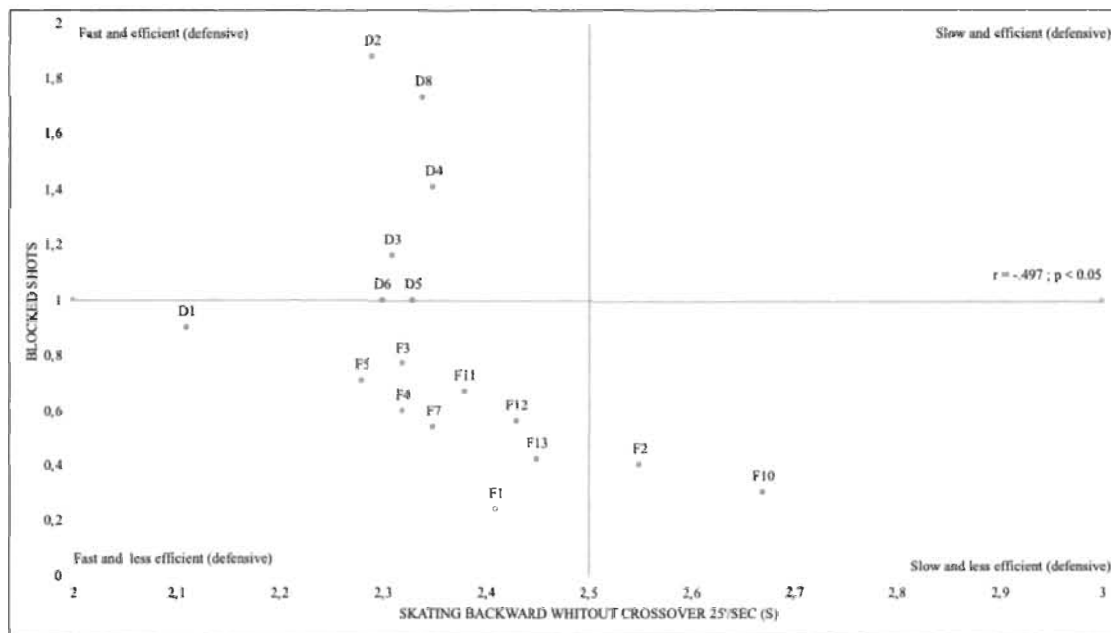


Figure 6. The association between backward skating speed and blocked shots.

Discussion

In order to prepare hockey players to perform in competition, it is essential to understand the relationships between their fitness level and their capacity to perform on ice, either in testing than in game performance. We can hypothesize that the fitter players are, the better they should perform on the ice. In this regard, an abundance of scientific literature has documented the abilities of ice hockey players, both in terms of their physical attributes and on-ice performance profile. Despite these contributions, very few authors have studied the relationships between players' test results and their performance in game settings. This study provides a new perspective and refines our knowledge regarding the associations between players' physical attributes (measured in off-ice and on-ice contexts) of elite ice hockey players and their performance in the game context.

The relationships between fitness and on-ice performance

Consistent with previous research, our results indicate that some relationship between off-ice fitness and on-ice performance exists. Two off-ice fitness tests that were related to on-ice performance. In this regard, results from the broad jump test were significantly correlated with the skating sprint tests, which supports its predictive validity for determining skating speed. Such results are consistent with the findings of Chiarlitti (6) and Farlinger (11), who showed that the forward skate sprint test was correlated with the long jump test. However, as reported by many authors, it should be noted that muscular power or explosiveness have been found to be positively associated with skating speed (4, 24). Our results also showed that, body mass appears to be associated with on-ice performance. Quinney (23), reports that in terms of ice hockey performance, a dominant

lean body mass ratio was associated with muscular power and skating speed, that positively influences physical performance. Similarly, Vescovi (29) studied the anthropometric profile of NHL drafted players between 2001 and 2003, and highlights the dominance of lean mass over fat mass in top professional prospects. In the same vein, Gilenstam (12) demonstrates a positive correlation between body weight and skating performance in the on-ice acceleration and maximum speed test. These results of various studies, corroborate with our results. In fact, such association seems realistic, and suggest that predominant muscle mass is a predictor of on-ice power (4, 6). However, our partial correlation analyses show that the defensemen in our sample were heavier than forwards, which somewhat diminishes the strength of the association with players' body mass (30) and suggest that it could be more important for a position like defensemen.

Is performance in testing associated with success in games?

As mentioned earlier, only few studies have achieved to show strong associations between players' fitness and their responses in game performance. In this regard, taking account of performance indicators that are more closely related with physical attributes seems an avenue in which we could draw more conclusive evidence regarding such associations. Our results are congruent with our hypothesis and indicate some positive associations, in which physical attributes measured in different contexts (off-ice, on-ice) tend to partially predict match success. First, we observed that performance in the vertical jump was associated with our measures of physical implication in the game (e.g., giving and receiving body checks), suggesting that more powerful power tend to be involved physically in the game. Although this relationship seems plausible, no other research has

showed such findings. In contrast with conclusions from Kniffin et al. (16), our analyses did not report significant associations when considering upper body strength and power. We think that the absence of a significant association can be explained by the lack of specificity between the fitness measures and corresponding performance indicators that we have chosen.

The analyses performed with our sample support the importance of on-ice tests. First, our results showed that skating speed appeared to be a factor associated with players' physical implication in the game. In addition, being faster also resulted in a higher risk of being hit by opponents. While this may seem surprising at first sight, it seems realistic that slower players are less likely to be checked, as they may be less involved in the game. In contrast, a faster player is more likely to carry the puck (1, 9, 30) and is more likely to get to the puck first in loose puck situations (1, 9, 29), making him or her more vulnerable to being checked by the opponent.

Our results also showed that faster skaters (in the forward sprint) tend to generate a higher offensive contribution such as expected goals. Expected goals are calculated from the relative contribution of different factors, which allow to calculate the scoring probabilities of a player, based on passing data, shot provenance, and different types of situations. At first, our findings seem somewhat contradictory with Williams (30), who did not report associations between American college players' physical attributes on their overall point-share value. It should be noted, however, that the point-share indicator used by Williams was possibly an insufficient indicator. By comparing our results to those obtained by Williams, we think that it is important to consider a multitude of indicators that relate to the physical attributes being measured.

It is also interesting to note the significant associations between the speed of backward skating and the offensive (e.g., expected goals) and defensive actions (e.g., blocked shots) of defensemen. Even if Douglas (9) states that the workload of the defenders did not vary according to the collective performance (expressed in wins or losses), it seems that the defenders who are more efficient in backward skating (e.g., speed, acceleration) are also more efficient in specific offensive and defensive actions. Such associations suggest that backward skating is a valid tool to assess a defenseman potential in key actions such as offensive production and blocking shots. In this sense, it is possible for a player to have a good performance without the team winning a game, which means that the physical attributes of a player remain factors to be considered in the analysis of their performance. Furthermore, as suggested by Douglas, we believe that measuring skills related to player agility could add value to the prediction of defensive contribution. In this regard, the relationship between player fitness and position is a relationship that allows us to observe certain aspects in a more specific way. According to our results, some on-ice fitness variables were significantly related to players' position. The partial correlation analyses showed that some relationships seem to operate with respect to the players' position. Thus, this means that some tests could be valid depending on player position, which opens the door to a more specific testing approach. Although such approaches can be thought of in football (31), there are no studies to confirm whether it would be relevant to develop position-specific testing protocols in ice hockey.

Summary of results, limitations future perspectives

Despite its contribution, this study has its limitations. First of all, the sample size remains modest and if it attained a sufficient level of statistical power, generalization of our results remains limited. Furthermore, we conducted this study by considering only one team (single cohort), which lead to possible bias. For example, the approach of testing and physical preparation that is valued or promoted by the team under study can explain players' responses in fitness and on-ice testing. Consequently, more performing players might be evaluated as "best prospects" which may lead to a more favorable player utilization throughout the season. Considering more teams in such research design would allow for a more thorough understanding of the associations between the physical attributes that were assessed and their relations with game performance. It seems essential, in the longer term, to replicate the present protocol with larger samples, and even with different levels of play. Indeed, results from this study can certainly serve as a baseline for further research.

A second limitation observed is the choice of game performance indicators. We chose the performance indicators in a match situation based on our expertise in ice hockey, the rationale supported in the scientific literature and data availability from the InStat technology. In our opinion, it might have been useful to use additional indicators (e.g., skating speed, number of runs for the puck, heart rate, rate of success in puck battles, etc.) that would have allowed us to establish the links between players' physical attributes and their game performance. Such objective indicators would be relevant additional variables in future research and would allow us to analyze physiological demands with game

performance in a holistic manner. A third limitation resides in the on-ice tests that were selected and their potential association with game specific indicators. In this regard, even if skating speed is important, assets such as skating agility and ability to repeat sprints (19) are key on-ice components that need to be assessed. It is plausible to think that measuring these kinds of assets would lead to significant associations with specific aspects of the game. Finally, we think that the cross-sectional nature of the design has also its share of limitations. Considering statistics covering a full season, without taking account of the possible fluctuations in players' performance throughout the season (e.g., even in a single game) might lead to weaker correlation coefficients. For players playing in the CHL, a decrease in physical performance over the course of a full hockey season has been shown among junior and collegiate players (10). This phenomenon, called athlete deconditioning or over reaching, was not considered in the present study, and would be an interesting avenue for future analyses for team follow-up (e.g., does performance decline throughout a season?). In this sense, future research projects on the subject should therefore measure the potential "fatigue" of players by structuring measurement times that could verify whether fluctuations in performance level (physical and on-ice) are associated during an ice hockey season, or simply during a game or tournament.

Practical applications

A better understanding of the relationship between the off-ice physical abilities and the performance in game situations of ice hockey players allows strength and conditioning coaches to better prepare their training plans and to adapt testing methods in order to prepare players in the most optimal ways possible. In addition, the present study provides some answers to strength and conditioning coaches, especially for identification of the tests that should be prioritized in the quest for peak performance. In this perspective, the long jump test is a test to be prioritized, since it is associated with on-ice skills (skating speed), which are linked to the player's offensive efficiency. Moreover, the addition of on-ice tests makes it possible to bridge the gap between the quality of players' physical fitness and skills and their impacts in game contexts. Therefore, the addition of on-ice performance indicators that consider upper body attributes would be important in order to be able to make more precise analyses of this element as well as to evaluate more precisely players' hockey-specific fitness. In conclusion, the addition of an on-ice physical test in a battery of physical tests to evaluate fitness of ice hockey players is an indispensable element, given its potential transferability to game performance. Moreover, this study allows a certain questioning or reflection concerning the testing protocols that are used by strength and conditioning coaches. According to our results, on-ice training seems to be an element that strength and conditioning coaches should add to their training plans in order to increase their players' response to the game-specific tasks that would allow for a more optimal player follow-up and development.

Acknowledgements

The authors would like to thank all the ice hockey players who participated in this study as well as the *Quebec Remparts* organization of the QMJHL, as their involvement contributed to the advancement of knowledge on the relationship between off-ice physical skills and on-ice performance in game situations. No funding was provided for this research.

References

1. Allard, P. *Suivi longitudinal de la charge externe de joueurs professionnels de hockey sur glace au cours d'une saison*[Longitudinal follow-up of the external load of professional ice hockey players over a regular season], Master's Thesis, Université de Montréal, Montréal, 2018.
2. Allisse M, Bui HT, Desjardins P, et al. Assessment of on-ice oxygen cost of skating performance in elite youth ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019. doi: 10.1519/JSC.0000000000003324
3. Allisse, M, Sercia, P, Comtois, A.-S, and Leone, M. Morphological, physiological and skating performance profiles of male age-group elite ice hockey players. *Journal of Human Kinetics* 58: 87-97, 2017.
4. Bracko, M. R, and George, J. D. Prediction of ice skating performance with off-ice testing in women's ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15: 116-122, 2001.
5. Brocherie, F, Girard, O, and Millet, G. P. Updated analysis of changes in locomotor activities across periods in an international ice hockey game. *Biology of Sport* 35: 261-267, 2018.
6. Chiarlitti, N. A, Delisle-Houde, P, Reid, R. E, Kennedy, C, and Andersen, R. E. Importance of body composition in the national hockey league combine physiological assessments. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 32: 3135-3142, 2018.
7. Cox, M. H, Miles, D. S, Verde, T. J, and Rhodes, E. C. Applied physiology of ice hockey. *Sports Medicine* 19: 184-201, 1995.
8. Dominik, N, Lipinska, P, Rocznio, R, Spieszny, M, and Stastny, P. Off-ice agility provide motor transfer to on-ice skating performance and agility in adolescent ice hockey players. *Journal of Sports Science & Medicine* 18: 680-694, 2019.
9. Douglas, A, Johnston, K, Baker, J, Rotondi, M. A, Jamnik, V. K, and Macpherson, A. K. On-ice measures of external load in relation to match outcome in elite female ice hockey. *Sports* 7 : 173, 2019.
10. Durocher, J. J, Leetun, D. T, and Carter, J. R. Sport-specific assessment of lactate threshold and aerobic capacity throughout a collegiate hockey season. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 33: 1165-1171, 2008.
11. Farlinger, C. M, Kruisselbrink, L. D, and Fowles, J. R. Relationships to skating performance in competitive hockey players. *The Journal of Strength And Conditioning Research* 21: 915-922, 2007.

12. Gilenstam, K. M, Thorsen, K, and Henriksson-Larsén, K. B. Physiological correlates of skating performance in women's and men's ice hockey. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 25: 2133-2142, 2011.
13. International Ice Hockey Federation (IIHF). (2008). *IIHG Skills Challenge Manuel*. Accédé le 2 février 2021. url : http://webarchive.iihf.com/fileadmin/user_upload/PDF/100Year/IIHF_Skills_Challenge_Manual.pdf
14. Jackson, J, Snyder, G, Game, A, Gervais, P, and Bell, G. Investigation of positional differences in fitness of male university ice hockey players and the frequency, time spent and heart rate of movement patterns during competition. *International Journal of Kinesiology and Sports Science* 5: 6-15, 2017.
15. Janot, J. M, Beltz, N. M, and Dalleck, L. D. Multiple off-ice performance variables predict on-ice skating performance in male and female division III ice hockey players. *Journal of Sports Science & Medicine* 14: 522-529, 2015.
16. Kniffin, K.M., Howley, T., & Bardeau, C. Putting muscle into sports analytics: strength, conditionin, and ice hockey performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31: 3253-3259, 2017.
17. Léger, L. Dans : *Physiologie appliquée de l'activité physique ; Le hockey sur glace [Applied Physiology : ice hockey]*. In : Péronnet, F (ed.). *Physiologie appliquée de l'activité physique*. St-Hyacinthe, Québec: Édisem. pp. 115-129, 1980.
18. Lignell, E, Fransson, D, Krstrup, P, and Mohr, M. Analysis of high-intensity skating in top-class ice hockey match-play in relation to training status and muscle damage. *Journal of Strength & Conditioning Research* 32: 1303-1310, 2018.
19. Martini, G, Brunelle, J-F, Trudeau, F, and Lemoyne, J. Measuring ice hockey skills in a repeated measures testing context: The effects of fatigue on skating efficiency, passing, agility, and shooting. *The Sport Journal*. 21: 1-16, 2018.
20. Montgomery, D. L. Physiology of ice hockey. *Sports Medicine* 5: 99-126, 1988.
21. NHL. (2019). 2019 NHL Combine Results: Top 10 at each drill. *Sportsnet*. Retrieved on line : <https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/>
22. Nightingale, S. C, Miller, S, and Turner, A. The usefulness and reliability of fitness testing protocols for ice hockey players: A literature review. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27: 1742-1748, 2013.
23. Quinney, H. A, Dewart, R, Game, A, Snyder, G, Warburton, D, and Bell, G. A 26 year physiological description of a National Hockey League team. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 33: 753-760, 2008.

24. Rice, M. S. Examining the relationship between off-ice testing and on-ice performance in male youth ice hockey players, Master's Thesis, University of British Columbia, 2015.
25. Rocznio, R, Maszczyk, A, Czuba, M, Stanula, A, Pietraszewski, P, and Gabryś, T. The predictive value of on-ice special tests in relation to various indexes of aerobic and anaerobic capacity in ice hockey players. *Human Movement* 13: 28-32, 2012.
26. Rocznio, R, Stanula, A, Gabryś, T, Szmatlan-Gabryś, U, Gołaś, A, and Stastny, P. Physical fitness and performance of polish ice-hockey players competing at different sports levels. *Journal of Human Kinetics* 50: 201-208, 2016.
27. Stanula, A, and Rocznio, R. Game intensity analysis of elite adolescent ice hockey players. *Journal of Human Kinetics* 44: 211-221, 2014.
28. Stanula, A, Rocznio, R, Maszczyk, A, Pietraszewski, P, and Zając, A. The role of aerobic capacity in high intensity intermittent efforts in ice hockey. *Biology of Sport* 31: 193-199, 2014.
29. Vescovi, J. D, Murray, T. M, Fiala, K. A, and VanHeest, J. L. Off-ice performance and draft status of elite ice hockey players. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 1: 207-221, 2006.
30. Williams, Markus. Physical Performance and the Relationship to Game Performance in Elite Adolescent Ice Hockey. *International Journal of Strength and Conditioning* 1.1, 2020.
31. Yao, P.L., Huard Pelletier, V., and Lemoyne, J. Testing the predictive validity of combine tests among junior elite football players. *The Sport Journal* 21, 2020. url: <https://thesportjournal.org/article/testing-the-predictive-validity-of-combine-tests-among-junior-elite-football-players-an-8-yr-follow-up/>

V. DISCUSSION GÉNÉRALE

Suite à la série du siècle de 1972, la perception de la préparation physique pour les joueurs de hockey a nettement changé. Le fait que l'URSS ait dominé sur l'aspect physique comparativement aux autres équipes a amené les entraîneurs, les joueurs, les préparateurs physiques et les scientifiques du moment à se questionner sur la relation entre la préparation physique et la performance des hockeyeurs. De nos jours, la préparation physique pour un hockeyeur professionnel est connue comme un élément clé de son développement et de ses atouts afin d'aspirer au plus grand niveau du sport.

La préparation physique permet aux joueurs de développer des capacités physiques telles que, la puissance, la force, la vitesse, l'agilité et leurs capacités cardiovasculaires que ce soit aérobie ou anaérobie. Cela permet au joueur d'être physique plus en forme et en santé pour favoriser son rendement optimal sur la patinoire. Cependant, cette étude apporte un point à ne pas négliger qui est, l'entraînement et les tests sur glace. Il est important de comprendre que directement, il n'existe pas de lien entre la préparation physique hors glace et la performance des joueurs en contexte de match. Tous les tests de performance sur glace permettent d'observer des associations significatives. Cette étude rapporte qu'il est possible de faire un lien entre les déterminants de la condition physique fonctionnelle (hors glace) et les performances en contexte de match si nous ajoutons des entraînements et des tests physiques sur glace afin de faciliter le transfert des acquis et faciliter le suivi des athlètes et de leurs conditions physiques.

Concernant la population à l'étude pour cet article, elle était au départ constitué de joueurs élite de niveau universitaire. Cependant, avec l'annulation de la saison 2020-21 par USPORT, une modification s'imposait. Nous avons donc choisi de nous tourner vers la Ligue de hockey junior majeur du Québec (LHJMQ). La LHJMQ est l'une des trois ligues de hockey junior majeur qui constituent la Ligue canadienne de Hockey (LCH). Elle est un tremplin avant d'atteindre le plus haut niveau du sport, soit la Ligue nationale de hockey (LNH). Après réflexion et analyse, un échantillon optimal pour notre genre de recherche, aurait été composé d'athlètes évoluant dans la LHJMQ et aussi dans la ligue universitaire. L'ajout d'athlète plus vieux et plus mature physiquement aurait pu selon nous être un ajout considérable à notre recherche.

Concernant l'objectif principal de cette étude exploratoire, elle consistait à examiner les associations entre la condition physique hors glace de hockeyeurs élités et leurs performances en contexte de match. Prime à bord, les capacités physiques hors glace des joueurs ne sont pas corrélées significativement avec leurs performances sur glace. Néanmoins, certains résultats concernant les indicateurs de performance sur glace en contexte de testing sont corrélés significativement avec les indicateurs de performance en situation de match. Par ailleurs, la position auquel les joueurs jouent peut dans certains cas influencer leurs résultats aux divers tests.

Cette étude rapporte des résultats similaires aux autres études scientifiques faites sur le domaine du hockey et de la préparation physique. Par ailleurs, elle apporte quelques points intéressants qui sont non négligeables. Pour un joueur de hockey, nous retrouvons 3 aspects qui sont importants à son développement ; indicateurs de performance hors glace, indicateurs de performance sur glace et indicateurs de performance en situation de match. Ces 3 aspects sont pour l'athlète hockeyeur primordiales. Il est important de noter qu'un seul de ses 3 aspects ne peut pas faire d'un athlète hockeyeur un joueur qui excelle, la relation entre ses 3 aspects est donc très importante.

Dans le domaine du hockey, beaucoup d'importance est accordée à la capacité physique hors glace. Cependant, un des sous-aspects qui est un peu nébuleux dans cette sphère est la capacité aérobie, VO_{2max} . Cette qualité physique est très recherchée chez le hockeyeur, car plus le VO_{2max} se trouve à être élevé, plus l'intensité des actions dites faibles, seront élevées, donc cela consiste en un avantage pour l'athlète hockeyeur (Léger, 1975). Par ailleurs, plus le VO_{2max} est élevé, plus l'athlète disposera d'une capacité de récupération optimale suite à ses efforts anaérobies (Jackson et al., 2017). Donc, il sera plus performant lors de ses efforts anaérobies, car il aura récupéré plus rapidement lors de son passage sur le banc. En outre, plus l'énergie nécessaire pour effectuer ses efforts lors de présences sur la glace proviendra du système aérobie et moins du système anaérobie, plus la fatigue musculaire sera amoindrie (syndrome des jambes lourdes). Il est donc possible que cela aide à prévenir le ralentissement de jeu en 3^e période et lors des efforts anaérobies ce qui sont des avantages pour les joueurs de hockey (Léger, 1975 ; A. Stanula, Rocznik, Maszczyk, Pietraszewski, & Zajac, 2014). Cela étant dit, nous voyons que la littérature scientifique montre l'importance de cette variable pour un joueur de hockey.

Cependant, dans notre étude, la variable aérobie n'est pas aussi mise de l'avant comparativement à la littérature scientifique. Cela peut en partie s'expliquer par le fait que l'échantillon soit très petit et par le fait que la batterie de test passé aux joueurs traite moins de cet aspect physique.

À la lumière de nos résultats, il existe une relation entre la condition physique et la performance sur glace. Deux variables de condition physique hors glace sont significativement corrélées aux performances sur glace. Le saut en longueur et la masse du joueur sont les 2 variables hors glace qui sont liées au test de sprint avant sur glace sur 100 pieds. Cette relation est relativement bien documentée dans le domaine du hockey et de la préparation physique (Bracko et George, 2001 ; Chiarlitti et al., 2018 ; Farlinger et al., 2007). Concernant la relation entre la performance en testing et le succès en contexte de match, 4 variables de conditions physiques sur glace sont significativement liées aux performances en contexte de match.

Concernant la relation entre les qualités physiques et les indicateurs de match, c'est selon nous, la relation que nous pourrions améliorer. À notre avis, des indicateurs de performance en contexte de match plus spécifique en termes de condition physique, aurait pu nous faciliter la tâche et surtout nous permettent potentiellement des liens plus directs étant donné la relation plus directe entre les indicateurs de performance quel soit. Des indicateurs de performance en contexte de match par exemple, la vitesse de patinage (km/h), les fréquences cardiaques au repos (bpm) et le nombre de watts émis pour les membres inférieurs lors de départ explosif (W) auraient tous étaient des indicateurs de

performance davantage liés aux indicateurs de performance hors glace et cela aurait donc permis d'établir des relations plus étoffées.

Prenant en considération que les capacités physiques hors glace des joueurs ne sont pas corrélées significativement avec leurs performances sur glace, ceci mène donc à une réflexion sur les méthodes et les principes d'entraînements pris en hors-saison et durant la saison par les préparateurs physiques pour entraîner les athlètes hockeyeurs. À la lumière de nos analyses, nos résultats suggèrent qu'en terme de préparation physique, qu'elle soit davantage axée sur la puissance des membres inférieurs, car elle est liée à la vitesse de patinage sur glace, qui elle est directement liée à la contribution offensive (xG with players on). De plus, certains résultats concernant les indicateurs de performance sur glace en contexte de testing sont corrélés significativement avec les indicateurs de performance en situation de match. Il serait donc important que des séances de préparation physique sur glace soient ajoutées, car cela permettrait un meilleur transfert des acquis au lieu de seulement faire des entraînements hors glace et des pratiques tactiques. Concernant, la position auquel les joueurs et l'influence qu'elle a sur les résultats aux divers tests physiques hors glace ou sur glace, nos résultats suggèrent que l'entraînement des défenseurs et des attaquants sont adapté aux spécifications de leurs positions et donc par le fait même développer les atouts nécessaires à leurs performances optimales.

Dans notre cas, notre étude nous permet d'observer un manque entre les capacités physiques hors glace des joueurs et leurs performances sur glace en contexte de match. Cela nous a permis de voir l'importance de la composante physique sur glace et le pont

qu'elle permettait de faire entre les indicateurs hors glace et le succès en contexte de match. Par ailleurs, il est effectivement logique de penser que ce type de procédure hors glace, sur terrain spécifique et lors de match est applicable à plusieurs sports.

5.1 Limites et perspectives futures

5.1.1. Limites

Pour ce qui est des limites, la première que nous avons observée est la taille de l'échantillon. La population à l'étude qui était de ($n = 21$) était à notre avis relativement petite, ce qui rendait la généralisation des résultats plus ardue. À cet égard, lors de l'analyse des résultats la prudence était donc de mise, car dans certains cas, les résultats pouvaient sembler significativement très révélateurs, mais étant donné le faible échantillon, cela était à considérer oui, mais avec certaines nuances. Par ailleurs, une seconde limite a été observée et c'est le nombre d'indicateurs de performance sur glace en contexte de match qui était disponible. En tout la plate-forme Instat offre 120 possibilités en termes d'indicateur de performance. Le large spectre d'indicateurs de performance disponible a rendu le choix des indicateurs à l'étude plus difficile à faire, car plusieurs auraient pu être choisis pour la même variable étudiée. Alors la compréhension des indicateurs choisis était primordiale. Par ailleurs, le fait que la majorité des indicateurs de performance sur glace en contexte de match soit de nature tactique et technique et moins liée à l'aspect physique du joueur, a pour le moins limité les relations entre indicateurs. Enfin, le choix des tests sur glace, ainsi que leurs nombres sont selon nous une autre limite pour notre étude. Étant donné que la batterie de tests sur glace était déjà choisie par l'équipe participante, les chercheurs n'avaient pas de pouvoir de décision sur les divers tests passés aux joueurs. Le fait qu'il y ait seulement 3 tests sur glace (sprint avant, sprint arrière et SMAT test) a selon

limité les analyses possibles. Un éventail un peu plus grand de test sur glace qui mesure aussi l'aptitude musculo-squelettique des joueurs, ainsi que certains indicateurs physiologiques auraient été très intéressants à analyser. Néanmoins, cela n'est aucunement un reproche à l'équipe participante, car nous savons très bien ce qu'une batterie de tests demande à ses organisations en termes de travail et cela est colossale.

5.1.2. Perspectives futures

Dans l'optique d'une future recherche sur le sujet, nous pensons que certains facteurs pourront s'ajouter à l'analyse afin d'améliorer l'étude. Nous pensons que des facteurs tels que l'indice de fatigue, la fréquence cardiaque de repos et à l'effort et même le taux de lactate sanguin pourraient être des variables pertinentes à ajouter et à en évaluer leur apport. De telles variables, qui sont de nature physiologique sont des indicateurs mesurés de manière objective et pourraient sans aucun doute avoir des liens avec les indicateurs de performances hors glace et sur glace. Par ailleurs, le fait que les relations entre les variables soient plus directes, cela laisserait moins place à interprétation au niveau des résultats. Par ailleurs, ayant vue que certains indicateurs sont prédicteur de performance sur glace en contexte de match, établir des valeurs prédictives pourrait être un ajout intéressant à faire, afin de faciliter le testing pour les entraîneurs et surtout afin de simplifier le suivi des athlètes.

VI. CONCLUSION

Dans le cadre de cette recherche exploratoire, une relation peu s'observer jusqu'à maintenant dans le domaine de la préparation physique et du hockey a été observé, soit celle entre les capacités physiques hors glace des hockeyeurs et leurs performances en situation de match. De façon générale, cette recherche scientifique a permis de découvrir que le test de saut en longueur est un prédicteur du test de sprint avant 100'/sec sur glace, que le test de saut vertical est associé au nombre de mises en échec, que le test de sprint avant sur 100'/sec est associée au nombre de mises en échec reçu et à la contribution offensive, que le test de sprint arrière sur 100'/sec est prédicteur de contribution offensive et que le test de sprint arrière 25'/sec est associé au tir bloqué. Tous ces résultats ont contribué à mettre de l'avant le fait que les tests sur glace sont un élément plus qu'essentiel aux transferts des aptitudes physiques hors glace à la performance en situation de match. Par ailleurs, cela nous permet de démontrer que certains résultats dans certains tests sont attribuables à la position, donc cela nous permet de penser que certains tests peuvent être à prioriser pour évaluer les défenseurs comparativement aux joueurs d'attaque.

Par ailleurs, l'ajout de la technologie, logiciel d'analyse statistique, apporte au « coaching » une dimension très intéressante et surtout un volet plus dynamique pour travailler. Autant pour les entraîneurs que pour les joueurs, cet ajout est très bénéfique pour effectuer le suivi des performances d'athlètes et de l'équipe au complet. La simplicité du logiciel à travailler, les liens possibles à faire entre les performances et les aptitudes physiques des hockeyeurs ainsi que le succès de l'équipe sont des aspects qui permettent autant aux joueurs qu'au personnel entraîneur de se développer optimalement.

En somme, cette étude s'est attardée sur la relation entre les capacités physiques hors glace des hockeyeurs et leur performance en situation de match. Une cohorte de 21 joueurs de niveau LHJMQ ont participé à l'étude. Ils ont tous passé une batterie de tests physiques autant hors glace que sur glace. Par la suite les chercheurs ont identifié des indicateurs de performances sur glace en situation de match, et ce, dans le but de relier les résultats aux tests physiques aux indicateurs de performance en contexte de match. De façon générale, les analyses ont révélé que les capacités physiques hors glace ne sont pas directement reliées aux performances sur glace en situation de match. C'est la composante de test sur glace qui agit de pont entre les capacités physiques hors glace et les performances sur glace en situation de match. Nous voyons donc que le testing spécifique est dans notre cas un aspect à ne pas négliger pour bien effectuer le suivi physique d'un hockeyeur dans son ensemble. L'ajout d'un suivi durant la saison avec un test comme le saut en longueur, pourrait être un indicateur de performance afin de vérifier si la vitesse maximale de l'athlète se maintient où se détériore. Ainsi un tel suivi pourrait permettre de dépister des variables tels que l'indice de fatigue toute au long du saison. Cela permettrait un suivi relativement court et qui pourrait être très bénéfique pour les intervenants sportifs.

Dans l'optique de travaux futurs, la possibilité de suivre une équipe sur une saison entière serait très intéressante afin de suivre l'évolution des aptitudes physiques hors glace et sur glace des joueurs en fonction des divers stades d'une saison. Par ailleurs, l'ajout de variables physiologiques serait à notre avis très intéressant, car cela permettrait de suivre de plus près le joueur et ses capacités physiques au cours d'une saison.

Références

- Allard, P. (2018). *Suivi longitudinal de la charge externe de joueurs professionnels de hockey sur glace au cours d'une saison* [mémoire de maîtrise, Université de Montréal]. Papyrus. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/22278>.
- Allisse, M., Bui, H. T., Desjardins, P., Léger, L., Comtois, A.-S., & Leone, M. (2019). Assessment of on-ice oxygen cost of skating performance in elite youth ice hockey players. *Journal Of Strength And Conditioning*. doi:10.1519/JSC.0000000000003324
- Allisse, M., Sercia, P., Comtois, A.-S., & Leone, M. (2017). Morphological, physiological and skating performance profiles of male age-group elite ice hockey players. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 87-97.
- Barris, S., & Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Medicine*, 38(12), 1025-1043.
- Bracko, M. R., & George, J. D. (2001). Prediction of ice skating performance with off-ice testing in women's ice hockey players. / Prediction, par des tests hors glace, de la performance en patinage de joueuses de hockey sur glace. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 116-122.
- Brocherie, F., Girard, O., & Millet, G. P. (2018). Updated analysis of changes in locomotor activities across periods in an international ice hockey game. *Biology of Sport*, 35(3), 261-267.
- Carrion, B. M., Wells, A., Mayhew, J. L., & KOCH, A. J. (2019). Concordance among bioelectrical impedance analysis measures of percent body fat in athletic young adults. *International Journal of Exercise Science*, 12(4), 324.
- Chiarlitti, N. A., Delisle-Houde, P., Reid, R. E., Kennedy, C., & Andersen, R. E. (2018). Importance of body composition in the national hockey league combine physiological assessments. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(11), 3135-3142.
- Cox, M. H., Miles, D. S., Verde, T. J., & Rhodes, E. C. (1995). Applied physiology of ice hockey. *Sports Medicine*, 19(3), 184-201.
- Dai, B., Layer, J., Vertz, C., Hinshaw, T., Cook, R., Li, Y., & Sha, Z. (2019). Baseline assessments of strength and balance performance and bilateral asymmetries in collegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(11), 3015-3029.

- Deutsch, M., Kearney, G., & Rehrer, N. (2007). Time–motion analysis of professional rugby union players during match-play. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 461-472.
- Dominik, N., Lipinska, P., Rocznio, R., Spieszny, M., & Stastny, P. (2019). Off-ice agility provide motor transfer to on-ice skating performance and agility in adolescent ice hockey players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(4), 680-694.
- Douglas, A., Johnston, K., Baker, J., Rotondi, M. A., Jamnik, V. K., & Macpherson, A. K. (2019). On-ice measures of external load in relation to match outcome in elite female ice hockey. *Sports*, 7(7), 173. Retrouvé en ligne: <https://doi.org/10.3390/sports7070173>
- Dryden, K. (2019). *Game change: The life and death of Steve Montador, and the future of hockey*. Signal, McLelland & Stewart: Toronto.
- Durocher, J. J., Leetun, D. T., & Carter, J. R. (2008). Sport-specific assessment of lactate threshold and aerobic capacity throughout a collegiate hockey season. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1165-1171.
- Farlinger, C. M., Kruisselbrink, L. D., & Fowles, J. R. (2007). Relationships to skating performance in competitive hockey players. *The Journal of Strength And Conditioning Research*, 21(3), 915-922.
- Frencken, W. G., Lemmink, K. A., & Delleman, N. J. (2010). Soccer-specific accuracy and validity of the local position measurement (LPM) system. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(6), 641-645.
- Gilenstam, K. M., Thorsen, K., & Henriksson-Larsén, K. B. (2011). Physiological correlates of skating performance in women's and men's ice hockey. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2133-2142.
- Haukali, E., & Tjelta, L. I. (2015). Correlation between "off-ice" variables and skating performance among young male ice hockey players. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 27(1), 26-32.
- Heller, J., Vodicka, P. & Janek, M. (2019). Anaerobic performance in 30s Wingate test as one of the possible criteria for selection Czech hockey players into National Hockey League. *Physical Activity Review*, 7, 57-62.
- Hockey Canada (2018). *Rapport annuel, règles administratifs, règlements et politiques (rapport annuel)*. hockeycanada.ca. Retrouvé en ligne : <https://www.hockeycanada.ca/fr-ca/corporate/about/downloads>

- Hockey Québec. (2014). *Préparateur physique : Un programme de reconnaissance dès septembre 2014*. Retrouvé en ligne : http://www.hockey.qc.ca/fr/publication/nouvelle/preparateur_physique_un_programme_de_reconnaissance_des_septembre_2014.html
- Holman, A. C. (2009). *Canada's game: hockey and identity*: McGill-Queen's Press-MQUP.
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of training in competitive sports. *Sports Medicine*, 12(3), 161-183.
- Huard Pelletier, V., Glaude-Roy, J., Daigle, A.-P., Brunelle, J.-F., Bissonnette, A. & Lemoyne, J. (2021) Associations between on-ice testing and game performance in ice Hockey: A Scoping Review. *MDPI:Sports*.
- Iceberg Sports Analytics. (2019). <https://www.icebergsports.com/premium>
- InStat. (2019). *InStat Scout Hockey*. https://instatsport.com/hockey/instat_scout
- Jackson, J., Snyder, G., Game, A., Gervais, P., & Bell, G. (2017). Investigation of positional differences in fitness of male university ice hockey players and the frequency, time spent and heart rate of movement patterns during competition. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 5(3), 6-15.
- James, L. P., Roberts, L. A., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(5), 1378-1386.
- Janot, J. M., Beltz, N. M., & Dalleck, L. D. (2015). Multiple off-ice performance variables predict on-ice skating performance in male and female division III ice hockey players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(3), 522-529.
- Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L. J., & Aughey, R. J. (2010). Variability of GPS units for measuring distance in team sport movements. *International Journal Of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 565-569.
- Lachaume, C.-M., Trudeau, F., & Lemoyne, J. (2017). Energy expenditure by elite midget male ice hockey players in small-sided games. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(4), 504-513.
- Lapierre, E. (2014). Le hockey est-il naturellement canadien ? Pour un débat sur le hockey et l'identité nationale. *Bulletin d'histoire politique*, 22 (2), 92-110. <https://doi.org/10.7202/1021990ar>
- Léger, L. (1980). *Le hockey sur glace*. Dans M. Nadeau, & F. Péronnet (Éds.), *Physiologie appliquée de l'activité physique* (pp. 115-129). St-Hyacinthe:Edisem.

Léger, L. (1975). Le hockey: les sources d'énergie. *Mouvement*, 10 (4), 245-253.

Le Nouvelliste. (2019, 8 juin). *U Sports annule ses championnats nationaux de l'automne 2020*. Retrouvé en ligne : <https://www.lenouvelliste.ca/sports/u-sports-annule-ses-championnats-nationaux-de-lautomne-2020-429236c2d0ab1f749a52b50536469d51>

Lignell, E., Fransson, D., Krustup, P., & Mohr, M. (2018). Analysis of high-intensity skating in top-class ice hockey match-play in relation to training status and muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(5), 1303-1310.

Maloney, S. J. (2019). The relationship between asymmetry and athletic performance: A critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(9), 2579-2593.

Martini, G., Brunelle, J., Trudeau, F., & Lemoyne, J. (2018). Measuring ice hockey skills in a repeated measures testing context: The effects of fatigue on skating efficiency, passing, agility, and shooting. *Sport Journal*.

McLellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2011). Performance analysis of elite rugby league match play using global positioning systems. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(6), 1703-1710.

Montgomery, D. L. (1988). Physiology of ice hockey. *Sports Medicine*, 5(2), 99-126.

Nadeau, L., Godbout, P., & Richard, J.-F. (2008). Assessment of ice hockey performance in real-game conditions. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 379-388.

NHL. (2019). *2019 NHL Combine Results: Top 10 at each drill*. Sportsnet. Retrouvé en ligne : <https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/>

Nightingale, S. C., Miller, S., & Turner, A. (2013). The usefulness and reliability of fitness testing protocols for ice hockey players: A literature review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1742-1748.

O'Hara, J., Brightmore, A., Till, K., Mitchell, I., Cummings, S., & Cooke, C. (2013). Evaluation of movement and physiological demands of rugby league referees using global positioning systems tracking. *International Journal of Sports Medicine*, 34(09), 825-831.

Quinney, H. A., Dewart, R., Game, A., Snydmiller, G., Warburton, D., & Bell, G. (2008). A 26 year physiological description of a National Hockey League team. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 33(4), 753-760.

- Rice, M. S. (2015). *Examining the relationship between off-ice testing and on-ice performance in male youth ice hockey players*. Mémoire de maîtrise, University of British Columbia. Retrouvé en ligne : <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0167801>.
- Roczniok, R., Maszczyk, A., Czuba, M., Stanula, A., Pietraszewski, P., & Gabryś, T. (2012). The predictive value of on-ice special tests in relation to various indexes of aerobic and anaerobic capacity in ice hockey players. *Human Movement*, 13(1), 28-32.
- Roczniok, R., Stanula, A., Gabryś, T., Szmatlan-Gabryś, U., Gołaś, A., & Stastny, P. (2016). Physical fitness and performance of polish ice-hockey players competing at different sports levels. *Journal of Human Kinetics*, 50(2), 201-208.
- Rowan, C. P., Kuropkat, C., Gumieniak, R. J., Gledhill, N., & Jamnik, V. K. (2015). Integration of the functional movement screen into the national hockey league combine. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 29(5), 1163-1171. doi:10.1519/JSC.0000000000000757
- Stanula, A., & Roczniok, R. (2014). Game intensity analysis of elite adolescent ice hockey players. *Journal of Human Kinetics*, 44(1), 211-221.
- Stanula, A., Roczniok, R., Maszczyk, A., Pietraszewski, P., & Zając, A. (2014). The role of aerobic capacity in high intensity intermittent efforts in ice hockey. *Biology of Sport*, 31(3), 193-199.
- Stanula, A., Roczniok, R., Maszczyk, A., Pietraszewski, P., & Zając, A. (2014b). The role of aerobic capacity in high-intensity intermittent efforts in ice-hockey. *Biology of Sport*, 31(3), 193-199. doi:10.5604/20831862.1111437
- Vescovi, J. D., Murray, T. M., Fiala, K. A., & VanHeest, J. L. (2006). Off-ice performance and draft status of elite ice hockey players. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 1(3), 207-221.
- Wood, R. (2008). *NHL Draft Testing*. Topendsports. Retrouvé en ligne : <https://www.topendsports.com/sport/icehockey/nhl-draft.htm>
- Zajac, P., (2017). *The physiological demands of ice hockey and an annual, periodized conditioning programme for British Elite League defenceman*. Retrouvé en ligne: https://www.researchgate.net/publication/313476580_The_physiological_demands_of_ice_hockey_and_an_annual_periodised_conditioning_programme_for_a_British_Elite_League_defenceman

Annexe 1

Certificat éthique



CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : Évaluation de la relation entre les capacités physiques et la performance sur glace chez les hockeyeurs universitaires

Chercheur(s) : André-Philippe Daigle
Département des sciences de l'activité physique

Organisme(s) : Aucun financement

N° DU CERTIFICAT : CER-20-271-07.05

PÉRIODE DE VALIDITÉ : Du 07 décembre 2020 au 07 décembre 2021

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

Me Richard LeBlanc
Président du comité

Fanny Longpré
Secrétaire du comité

Décanat de la recherche et de la création

Date d'émission : 07 décembre 2020

Annexe 2

Formulaire d'information et de consentement

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Titre du projet de recherche :

Évaluer la relation entre les capacités physiques hors glace et la performance sur glace chez les hockeyeurs universitaires et juniors majeurs.

Mené par : André-Philippe Daigle

Étudiant à la maîtrise en sciences de l'activité physique à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Sous la direction de :

Jean Lemoyne, département des sciences de l'activité physique à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Collaborateurs à la recherche :

Jean-François Brunelle, préparateur physique à la salle haute performance du Centre de l'activité physique et sportive, Steve Bélanger, thérapeute du sport CAT(C) des Remparts de Québec (LHJMQ)

Préambule

Votre participation à la recherche vise à mieux comprendre la relation entre les capacités physiques hors glace et la performance sur glace. Elle serait grandement appréciée. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire ce formulaire. Il vous aidera à comprendre ce qu'implique votre éventuelle participation à la recherche de sorte que vous puissiez prendre une décision éclairée à ce sujet.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable de ce projet de recherche, ou à un membre de son équipe. Sentez-vous libre de leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair. Prenez tout le temps dont vous avez besoin pour lire et comprendre ce formulaire avant de prendre votre décision.

Numéro du certificat : CER-20-271-07.05

Certificat émis le 7 décembre 2020

Objectifs et résumé du projet de recherche

La littérature scientifique qui porte sur la relation entre les capacités physiques hors glace et la performance sur glace chez les hockeyeurs est un sujet plus ou moins exploré dans le domaine. C'est la principale raison pourquoi nous nous attardons sur ce sujet. Ce projet comporte un objectif principal et trois objectifs spécifiques. L'objectif principal de ce projet est d'évaluer la relation entre les capacités physiques hors glace et la performance en contexte de match chez des hockeyeurs de niveau universitaire et junior. Premièrement, nous voulons vérifier les relations entre les qualités physiques hors glace des joueurs et la performance globale sur glace. Le deuxième objectif vise à vérifier si la condition physique mesurée en contexte hors glace (force, vitesse, puissance) est associée aux dimensions correspondantes et la performance sur glace qui s'y rattache. Enfin, le troisième objectif de l'étude vise à vérifier si le contexte de jeu affecte la qualité de la performance, tel que le suggèrent Douglas et al. (2019).

Ce projet comporte une analyse rétrospective des capacités physiques hors glace et de la performance sur glace des joueurs pour la saison 2019-2020. De plus, une analyse se fera sur la saison 2020-2021, en analysant les capacités physiques hors glace et la performance sur glace des joueurs. À court terme, ce projet tentera d'obtenir de nouvelles connaissances dans un domaine en pleine croissance. À moyen terme, l'approfondissement des connaissances et l'utilisation d'une nouvelle technologie liée à l'intelligence artificielle permettront d'apporter l'analyse des aptitudes physiques des hockeyeurs à un autre niveau.

Nature et durée de votre participation

Votre participation à ce projet de recherche consiste à autoriser les chercheurs à prendre connaissance de vos résultats de tests physiques hors glace et sur glace pour la saison 2019-2020 et 2020-2021, afin qu'ils les analysent. Cela n'implique pas de participation supplémentaire de votre part.

Avantages ou bénéfices

Le fait de participer à cette recherche vous offre une occasion de faire le point sur vos habiletés physiques, votre performance sur glace et permettra d'enrichir la littérature scientifique sur le hockey.

Risques et inconvénients

Puisque l'étude est de nature rétrospective, les risques inhérents sont minimes, voire absents. Toutefois, certains joueurs pourraient avoir peur de se sentir lésés ou désavantagés dans le cas où leurs résultats et leurs performances ne seraient pas jugés à la hauteur. Il est précisé que les résultats ne seront pas utilisés à des fins d'évaluations ou de classement des joueurs, mais dans un but étroitement lié aux objectifs de la présente recherche.

Compensation ou incitatif

Aucune compensation d'ordre monétaire n'est accordée.

Confidentialité

Les données recueillies par cette étude sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à votre identification. En aucun temps les données utilisées pour cette recherche ne serviront à vous évaluer comme joueur et n'affecteront pas votre rôle dans votre équipe.

Votre confidentialité sera assurée par un code numérique. Les résultats de la recherche qui pourront être diffusés sous forme d'articles, de thèses et de communications ne permettront pas d'identifier les participants.

Les données recueillies seront conservées dans une base de données protégée par un mot de passe. Les seules personnes qui y auront accès sont les membres et les collaborateurs de l'équipe de recherche. Ces personnes ont tous signé un engagement à la confidentialité. Les données seront détruites au maximum cinq ans après la publication du mémoire de maîtrise. Les données seront supprimées de la base de données protégée et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

Participation volontaire

Votre participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Vous êtes entièrement libre de participer ou non, de refuser de répondre à certaines questions ou de vous retirer en tout temps sans préjudice et sans avoir à fournir d'explications.

Participation à des études ultérieures

Acceptez-vous que le chercheur responsable du projet ou un membre de son personnel de recherche reprenne contact avec vous pour vous proposer de participer à d'autres projets de recherche? Bien sûr, lors de cet appel, vous serez libre d'accepter ou de refuser de participer aux projets de recherche proposés. ☐ Oui ☐ Non

Responsable de la recherche

Pour obtenir de plus amples renseignements ou pour toute question concernant ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec André-Philippe Daigle via son adresse courriel UQTR soit ; Andre-Philippe.Daigle@uqtr.ca

Surveillance des aspects éthique de la recherche

Cette recherche est approuvée par le comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Trois-Rivières et un certificat portant le numéro [CER-20-271-07.05] a été émis le 7 décembre 2020.

Pour toutes questions ou plaintes d'ordre éthique concernant cette recherche, vous devez communiquer avec la secrétaire du comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières, par téléphone (819) 376-5011, poste 2129 ou par courrier électronique CEREH@uqtr.ca.

CONSENTEMENT

Engagement de la chercheuse ou du chercheur

Moi, André-Philippe Daigle m'engage à procéder à cette étude conformément à toutes les normes éthiques qui s'appliquent aux projets comportant la participation de sujets humains.

Consentement du participant

Je, _____, confirme avoir lu et compris la lettre d'information au sujet du projet d'évaluation de la relation entre les capacités physiques et la performance sur glace chez les hockeyeurs universitaires et juniors majeurs. J'ai bien saisi les conditions, les risques et les bienfaits éventuels de ma participation. On a répondu à toutes mes questions à mon entière satisfaction. J'ai disposé de suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision de participer ou non à cette recherche. Je comprends que ma participation est entièrement volontaire et que je peux décider de me retirer en tout temps, sans aucun préjudice.

- ☐ Je consens à ce que les chercheurs puissent consulter mes performances sur les bandes vidéo des matchs des saisons 2019-2020 et 2021.
- ☐ J'accepte que Steve Bélanger (Thérapeute en chef, Remparts de Québec, LHJMQ) puisse transmettre au chercheur les renseignements suivants : résultats des tests physiques hors glace et sur glace (2019-2020, 2020-2021).
- ☐ J'accepte que les données recueillies à mon sujet soient transmises à mon intervenant (Steve Bélanger, en format Excel).

J'accepte donc librement de participer à ce projet de recherche

Participant :	Chercheur : André-Philippe Daigle
Signature :	Signature : <i>André-Philippe Daigle</i>
Nom :	Nom : André-Philippe Daigle
Date :	Date :

Annexe 3

Tableaux des capacités physiques

Tableau V.

Protocole d'évaluation de la condition physique (NHLED Combine).

Qualités physiques	Tests	Protocole sommaire	Références
Capacité anaérobie	Wingate	Outils : Ergocycle Durée : 30 s Résistance : 9% de la masse corporelle de l'athlète	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.
Capacité aérobie	VO _{2max}	Outils : Ergocycle Durée : 10 à 15 min. Résistance : 2,0kp Augmentation : 1,0kp / 2 min pour 3 paliers (cadence 70t/m). Augmentation 0,5kp / min (cadence 80t/m).	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.
Force absolue	Traction à la barre	Outils : Barre à traction Exécution : Maximum de traction consécutive avec les coudes en pleine extension en bas du mouvement et le menton au-dessus de la barre en haut du mouvement.	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.
Vitesse et agilité	Test de pro-agilité (5-10-5)	Outils : 3 cônes à une distance de 5 verges. Essai : 3 (résultat le plus rapide est conservé) Unité : secondes (s)	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.
Puissance maximale des membres supérieurs	Puissance maximale du développé couché	Outils : Banc, barre olympique, disque de poids et accéléromètre. Essai : 1 avec 3 répétitions Résistance : 50% de la masse corporelle.	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.
Puissance maximale des membres inférieurs	Saut en longueur Saut vertical	Outils : Ruban à mesurer. Essai : 3 sans élan 3 (résultat le plus loin est conservé) Outils : Vertec Jump et une plaque de force Essai : 1 avec 6 répétitions entrecoupées de 10 secondes de repos entre chaque saut.	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020. www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.
Force globale	Force de préhension	Outils : Dynamomètre Essai : 2 par côté (résultat le plus élevé est conservé pour chaque main). Unité : livres	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.
Équilibre	Équilibre en Y	Outils : Ruban à mesurer coller en Y au sol. Mesurer l'extension de chaque jambe sur 3 plans (Y).	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.
Déséquilibre, asymétrie corporelle et déficience de mouvements	Analyse fonctionnelle du mouvement	Outils : Équipement FMS. Batterie de 7 tests : Squat profond, Enjambement d'obstacle, fente en ligne, mobilité des épaules, relevé de la jambe, stabilité du tronc et extensions des coudes.	www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2019-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 20 mars 2020.

Tableau VI.

Portait des qualités physiques et profil athlétique d'un joueur de hockey, selon les standards atteints lors des tests combine de la LNH (2019).

Qualités physiques	Tests	Portrait / Profil athlétique d'un joueur de hockey	Références
Capacité anaérobie	Wingate	Puissance de sortie : 16,3 W/kg Puissance de crête : 18,9 w/kg Indice de fatigue : 16,9	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020 et (Chiarlitti et al., 2018).
Capacité aérobie	VO _{2max}	VO _{2max} : 60,1 ml/kg/min Temps : 16 :03 min	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020 et (Chiarlitti et al., 2018).
Force absolue	Traction à la barre	Répétitions : 13,4	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020 et (Chiarlitti et al., 2018).
Vitesse et agilité	Test de pro-agilité (5-10-5)	Départ à gauche : 4,33 s Départ à droite : 4,35 s	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020 et (Chiarlitti et al., 2018).
Puissance maximale des membres supérieurs	Puissance maximale au développé couché	Puissance M-S : 7,54 W/kg	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020 et (Chiarlitti et al., 2018).
Puissance maximale des membres inférieurs	Saut en longueur Saut vertical	Puissance M-I : 113,27 pouces Puissance M-I : 24,13 pouces	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020 et (Chiarlitti et al., 2018).
Force globale	Force de préhension	Main droite : 156,4 livres Main gauche : 161,4 livres	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020 et (Chiarlitti et al., 2018).
Équilibre	Équilibre en Y	NA	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020.
Déséquilibre, asymétrie corporelle et déficience de mouvements	Analyse fonctionnelle du mouvement	≥ 14 (si l'athlète a un résultat < 14, cela indique un risque accru de blessure.)	https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/ en date du 17 mars 2020.

Notes : Données tirées du site <https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/2018-nhl-combine-results-top-10-drill/> en date du 17 mars 2020 et (Chiarlitti et al., 2018).

Tableau VII.

Portait des qualités physiques et des tests d'évaluation de la condition physique sur glace.

Qualités physiques	Tests	Protocole sommaire	Références
Agilité	Test de virage	Le joueur doit compléter un parcours en forme de S au tour de cercle de mise au jeu, et ce, le plus rapidement possible (18,9m de large et 22,55m de longueur).	(Gilenstam et al., 2011)
Puissance	Test d'accélération	L'athlète effectue un départ en puissance le plus rapidement sur une distance de 6,1m	(Gilenstam et al., 2011)
Vitesse	Test de vitesse	L'athlète effectue un aller à vitesse maximale sur une distance de 47,85m	(Gilenstam et al., 2011)
Vitesse	Test de pleine vitesse	L'athlète effectue un aller à vitesse maximale sur 15,2m après une accumulation de vitesse à partir de la ligne bleu opposé.	(Gilenstam et al., 2011)
Vitesse	Test de vitesse de patinage avant	L'athlète effectue un aller en patinage avant à vitesse maximale sur une distance de 30m. Le temps en prit en secondes.	(Allisse et al., 2017)
Vitesse	Test de vitesse de patinage arrière	L'athlète effectue un aller en patinage arrière à vitesse maximale sur une distance de 30m. Le temps en prit en secondes.	(Allisse et al., 2017)
Agilité	Test d'agilité avec la rondelle en mouvement	L'athlète effectue un parcours de 18m à pleine vitesse en patin arrière, en plus de faire arrêts brusques et virage serré autour des cônes tout en contrôlant une rondelle, et ce, sur une distance totale de 108m (6x18m).	(Allisse et al., 2017)
Agilité	Test d'agilité sans la rondelle en mouvement	L'athlète effectue un parcours de 18m à pleine vitesse en patin arrière, en plus de faire arrêts brusques et virage serré autour des cônes, et ce, sur une distance totale de 108m (6x18m).	(Allisse et al., 2017)
Capacité anaérobie	Test de puissance anaérobie	L'athlète patine d'avant en arrière sur un parcours de 18m à vitesse maximale avec arrêt brusque à chaque extrémité. L'athlète doit parcourir un total de 12 allers consécutifs de 18m pour un total de 216m	(Allisse et al., 2017)
Vitesse et accélération (puissance)	Test d'accélération (développé par Bracko)	L'athlète effectue un aller à vitesse maximum sur une distance de 44,8m. Pour chaque essai, deux temps sont pris, la distance totale (44,8m) et le temps d'accélération (6,1m) en seconde.	(Martini et al., 2018)
Agilité des mains	Hockey Protocole Canada	L'athlète doit contrôler la rondelle en patinant et en effectuant deux virages serrés en tournant autour de 2 cônes et faire une passe vers une cible fixe. Le temps total du circuit est pris à 2 fois ; manipulation de la rondelle plus passe. Ce test évalue la capacité du joueur à contrôler la rondelle et à faire une passe. C'est évalué sur une échelle de 5 points.	(Martini et al., 2018)
Agilité de patinage	Test d'agilité de patinage (IIHF)	L'athlète effectue un parcours afin d'évaluer l'agilité du joueur. Le temps est enregistré en secondes et sur une échelle de 5 points.	(Martini et al., 2018)
Agilité / Coordination	Test de tir statique	L'athlète exécute 4 lancers sur cibles fixes aux quatre coins. La qualité des tirs est évaluée sur une échelle de 5 points.	(Martini et al., 2018)
Sentiment d'effort perçu	Taux d'effort perçu	Cette échelle évalue le niveau d'effort perçu par l'athlète. Cette échelle est sur 10.	(Martini et al., 2018)

Annexe 4

Affiche scientifique

Analyse de la relation entre les capacités physiques hors-glace et la performance sur glace chez les hockeyeurs juniors.

André-Philippe Daigle ^{1,2}, Steve Bélanger ^{2,3} & Jean Lemoyne ^{1,2}

¹ Département des sciences de l'activité physique, Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)

² Laboratoire de recherche sur le hockey de l'UQTR

³ Remparts de Québec (LHJMQ)

Introduction

Depuis les 30 dernières années, une émergence de travaux scientifiques est remarquée dans le domaine. Le lien entre la condition physique et la performance sur glace préoccupe d'avantage les scientifiques ^{2,5,6,7}. Certaines études tentent de mieux comprendre l'aspect performance sur glace en faisant l'état des actions déterminantes pour un joueur de hockey lors d'une présence sur glace, sans toutefois s'attarder au succès de ces actions ⁴.

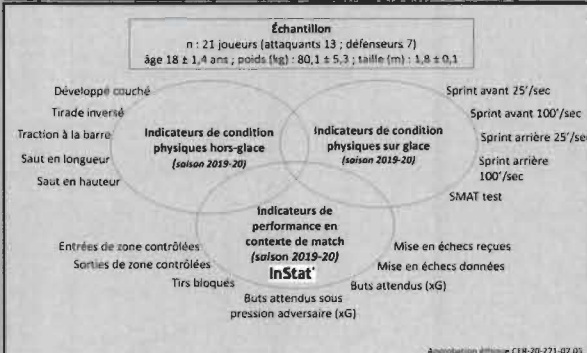
La préparation physique hors saison est un élément très important. Toutefois, la littérature scientifique ne démontre pas de liens directs entre une condition physique hors-glace et la performance sur glace dans les contextes de testing et en situation de match ^{1,3}.

Objectifs

Cette recherche vise à vérifier les associations entre les aptitudes physiques et la performance en contexte de compétition chez une cohorte de joueurs junior majeur.

- 1- Vérifier la relation entre la condition physique et la performance sur glace.
- 2- Vérifier si la performance en testing est associée au succès en match.
- 3- Vérifier si les relations diffèrent au regard de la position des joueurs.

Méthodologie



Résultats

Tableau 1. Statistiques descriptives de la condition physique hors-glace et sur glace

	Développé couché (nb)	Tirade inversé (nb)	Traction à la barre (nb)	Saut longueur (cm)	Saut hauteur (pouces)	Sprint avant 25/sec (s)	Sprint avant 100/sec (s)	Sprint arrière 25/sec (s)	Sprint arrière 100/sec (s)	SMAT (ml/kg/min ¹)
Défenseurs	19,8 ± 5,9	18,9 ± 5,0	15,9 ± 3,4	260,0 ± 6,4	24,5 ± 2,5	1,6 ± 0,1	4,4 ± 0,1	2,3 ± 0,1*	5,8 ± 0,2*	66,8 ± 1,7
Attaquants	18,1 ± 6,5	17,0 ± 6,8	14,5 ± 3,5	251,6 ± 14,6	24,5 ± 3,8	1,6 ± 0,1	4,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1	6,1 ± 0,3	68,9 ± 1,9*
Total	18,8 ± 6,2	17,7 ± 6,1	15,1 ± 3,4	254,9 ± 12,3	24,5 ± 3,3	1,6 ± 0,1	4,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1	6,0 ± 0,3	68,1 ± 2,1

*Différence significative entre les défenseurs et les attaquants

Tableau 2. Matrice de corrélations entre les indicateurs de condition physique hors-glace et sur glace

	Sprint patin avant 25/sec (s)	Sprint patin avant 100/sec (s)	Sprint patin arrière 25/sec (s)	Sprint patin arrière 100/sec (s)	SMAT (ml/kg/min ¹)
Développé couché	,164	-,305	-,044	-,069	-,075
Tirade inversé	,384	-,020	-,188	-,281	-,392
Traction à la barre	,280	-,013	-,288	-,370	,001
Saut en longueur	-,146	-,536*	-,398	-,534*	-,297
Saut en hauteur	-,163	-,223	-,142	-,142	-,112
Poids	,118	-,060	-,617*	-,451*	-,160
Taille	-,244	-,023	,361	,370	,409

*p < 0,05

Figure 1. Corrélation entre la vitesse de patinage avant et les mises en échecs reçues

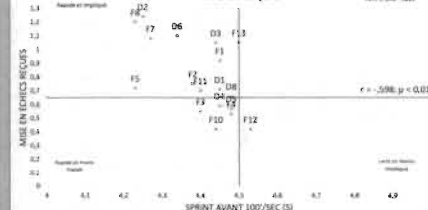


Figure 2. Corrélation entre la vitesse de patinage avant et les buts attendus sous pression adverse

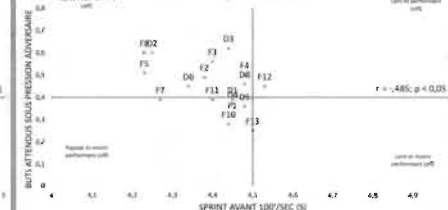


Figure 3. Corrélation entre la vitesse de patinage arrière et les buts attendus sous pression adverse

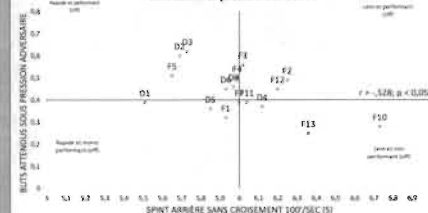
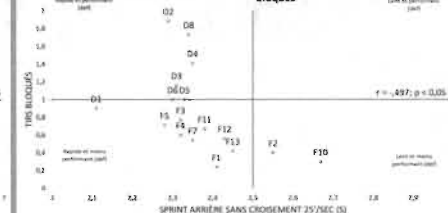


Figure 4. Corrélation entre la vitesse de patinage arrière et les tirs bloqués



Discussion - Conclusion

Les tests physiques hors-glace sont-ils associés à la performance des joueurs ?

Le saut en longueur est associé aux performances de sprint sur glace. Les tests hors glace ne sont pas associés avec la performance en match.

Quelle est la relation entre les tests sur glace et la performance en match ?

Il y a quelques associations significatives qui semblent spécifiques entre une habileté sur glace et la performance qui s'y rattache.

Les tests de sprint sur glace et de patin arrière sont associés à la performance offensive (ex. xG) et défensive (ex. tirs bloqués).

La réponse aux tests physiques (hors-glace et sur glace) diffère-t-elle en fonction de la position des joueurs ?

Le résultat est attribuable à la position du joueur et non au test qui lui perd sa valeur prédictive (figure 2 et 4).

Quel est l'utilité des tests physique ?

Tests physiques hors-glace	Tests physiques sur glace
Renseigne sur la forme physique actuelle	Information spécifique au sport
Suivi de la condition physique (temps)	Pont entre le hors-glace et la performance
Bénéfique pour la prévention des blessures	Prédire la performance ?

Perspectives futures ?

Augmenter la taille d'échantillon pour mieux comprendre les tendances.
Prédire la performance à partir du testing (régression multiple).
Intégrer le testing sur glace à la planification annuelle d'entraînement.

Références

1. Allard, P. (2014). *Suivi longitudinal de la charge externe de joueurs professionnels de hockey sur glace au cours d'une saison* [mémoire de maîtrise, Université de Montréal]. Papyrus. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1953/22728>.
2. Cox, M. R., Miles, D. S., Verhe, T. J., & Rheaume, E. C. (1995). Applied physiology of ice hockey. *Sports Medicine*, 20(3), 184-201.
3. Daigle, A., Johnson, K., Baker, J., Rotstein, M. A., Jamnik, V. K., & Macpherson, A. K. (2019). On-ice measures of external load in relation to match outcome in elite female ice hockey. *Sports*, 7(7), 173. Récupéré en ligne: <https://doi.org/10.3390/sports707173>.
4. Jackson, J., Smytholias, G., Gama, A., Gevers, P., & Bell, G. (2017). Investigation of positional differences in fitness of male university ice hockey players and the frequency, time spent and heart rate of movement patterns during competition. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 3(1), 6-15.
5. Léger, L. (1988). *Le Hockey sur glace*. Dans M. Nadeau, & F. Pénisson (Éds.), *Physiologie appliquée de l'activité physique* (pp. 115-129). St-Hyacinthe: Jolibois.
6. Léger, L. (1975). Le hockey: les aspects d'énergie. *Mouvement*, 10(14), 249-253.
7. Montgomery, D. L. (1988). Physiology of ice hockey. *Sports Medicine*, 5(2), 99-126.

Annexe 5

Tableaux supplémentaires de l'article scientifique

Appendice A. Correlation between off-ice fitness indicators and performance indicators in a match context

	xG - on	CZE	CEX	H	Ha	BS	D-xG
Relative bench press test	.070	.024	.017	.398	.272	.019	-.062
Inverted row	.098	-.093	-.128	-.368	-.050	.012	.006
Chin up	-.081	-.275	-.387	.015	.285	-.109	-.151
Broad jump	.397	-.057	.026	.300	.259	.267	.258
Vertical jump	.192	-.047	-.050	.488*	.263	.031	.263
Weight	-.006	-.104	-.036	.223	-.130	.096	-.073
Height	-.150	.000	-.059	-.237	-.332	-.062	.012

Legend for on-ice indicators; Expected Goals with players on (xG-on), Controlled entries (CZE), Controlled exits (CEX), Defensive Expected Goals (D-xG), Blocked shots (BS), Hits (H), Hits against (Ha).

* $p < .10$; ** $p < .05$; *** $p < .01$

Appendice B. Correlation between on-ice fitness indicators and performance indicators in a match context

	xG - on	CZE	CEX	H	Ha	BS	D-xG
Skating forward 25'/sec	-.283	-.098	-.031	.085	-.423	-.075	.041
Skating forward 100'/sec	-.485**	-.298	-.115	-.209	-.598***	-.110	.022
Skating backward 25'/sec	-.398	.479	.287	.061	-.258	-.497**	-.459
Skating backward 100'/sec	-.528**	.260	.151	.006	-.362	-.479	-.451
SMAT	-.110	.016	-.331	-.206	.261	-.297	-.311

Legend for on-ice indicators; Expected Goals (xG), Expected Goals with players on (xG-on), Controlled entries (CZE), Controlled exits (CEX), Defensive Expected Goals (D-xG), Blocked shots (BS), Hits (H), Hits against (Ha).

* $p < .10$; ** $p < .05$; *** $p < .01$